

(12) NACH DEM VERTRÄG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
26. Februar 2004 (26.02.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/016936 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: F02M 47/02, 59/46, 45/08, 61/10

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002317

(22) Internationales Anmeldedatum: 10. Juli 2003 (10.07.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 34 447.7 29. Juli 2002 (29.07.2002) DE
102 57 641.6 10. Dezember 2002 (10.12.2002) DE

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

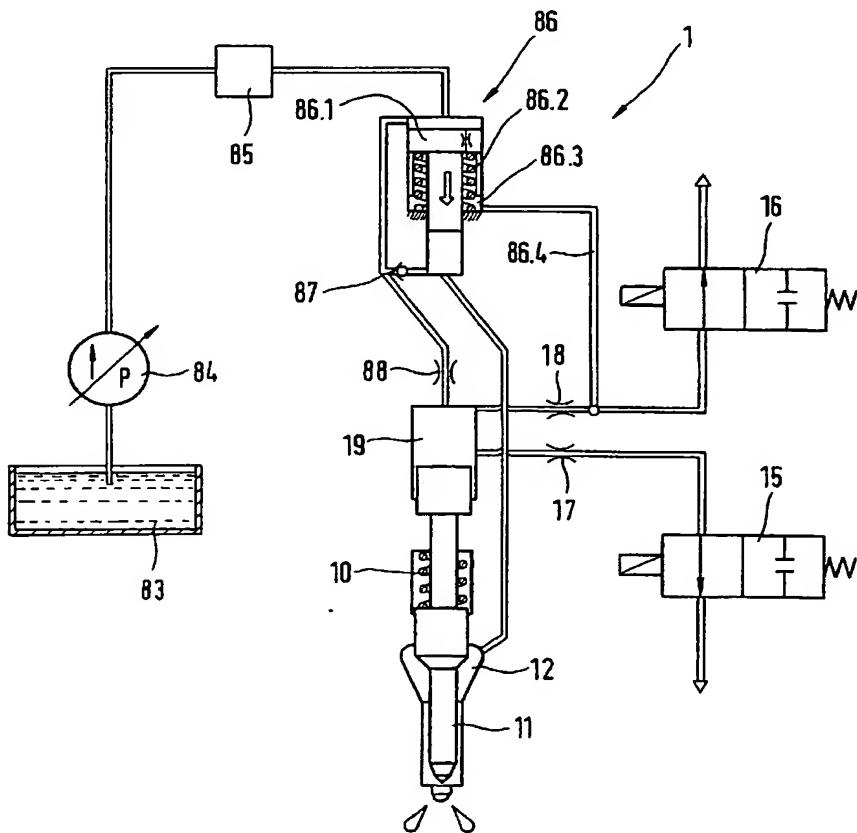
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): BRENK, Achim [DE/DE]; Remchingerstrasse 11, 75236 Kaempfelbach-Bilfingen (DE). KROPP, Martin [DE/DE]; Haufstrasse 7, 71732 Tamm (DE). MACK, Manfred [DE/DE]; Hinter der Mauer 13, 89174 Altheim (DE). HAMMER, Juergen [DE/DE]; Eschenweg 5, 70734 Fellbach (DE). TAMPE, Reinhard [DE/DE]; Ludwig-Speidel-Str. 5, 71282 Hemmingen (DE). BASTIAN, Heike [DE/DE]; Hoehenrand 72, 70563 Stuttgart (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FUEL INJECTOR WITH AND WITHOUT PRESSURE AMPLIFICATION WITH A CONTROLLABLE NEEDLE SPEED AND METHOD FOR THE CONTROL THEREOF

(54) Bezeichnung: KRAFTSTOFFINJEKTOR MIT UND OHNE DRUCKVERSTÄRKUNG MIT STEUERBARER NADELGESCHWINDIGKEIT UND VERFAHREN ZU DESSEN STEUERUNG





(74) Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH;
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): CN, JP, KR, US.

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung bezieht sich auf einen Kraftstoffinjektor an Einspritzanlagen für Verbrennungskraftmaschinen mit einem Ventilkörper (2). Dieser weist einen druckentlastbaren Steuerraum (19) auf, der über eine Zulaufdrossel (32) mit Kraftstoff beaufschlagbar ist und über eine Ablaufdrossel (17) druckentlastbar werden kann. Ein Schliesselement (43) ist über ein erstes Stellglied (15) betätigbar. Der Ventilkörper (2) ist mit einem Haltekörper (5) verbunden, an welchem ein ein Einspritzventilglied (11) umgebender Düsenkörper (9) befestigt ist. Zur Druckentlastung des Steuerraums (19) ist eine weitere, zweite Ablaufdrossel (18) vorgesehen, deren Schliesselement (49) entweder mittels eines weiteren Stellgliedes (16) oder abhängig von der Bestromung (70, 73, 79) eines doppelschaltenden Stellgliedes (50) betätigbar ist.

Kraftstoffinjektor mit und ohne Druckverstärkung mit steuerbarer Nadelgeschwindigkeit und Verfahren zu dessen Steuerung

10

Technisches Gebiet

Mit Kraftstoffinjektoren an Verbrennungskraftmaschinen erfolgt eine hubgesteuerte oder 15 eine druckgesteuerte Einspritzung von unter hohem Druck stehenden Kraftstoff in den Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine. Um heutigen und zukünftigen Abgasgesetzgebungen für Verbrennungskraftmaschinen zu entsprechen, sind Mehrfacheinspritzungen (Vor-, Haupt- und Nacheinspritzungen) erforderlich. Der zeitliche Abstand zwischen den Einzeleinspritzungen sollte dabei so kurz wie möglich sein, bei 20 gleichzeitig geringstmöglicher Beeinflussung der jeweils nachfolgenden Einspritzung. Eine der Haupteinspritzphase vorgeschaltete Pilot-Einspritzung zur Konditionierung des Brennraumes sollte eine dieser nachgeschaltete Haupteinspritzphase hinsichtlich des emissionsrelevanten Druckanstieges nicht beeinflussen.

25

Stand der Technik

DE 196 50 865 A1 hat ein Magnetventil zur Steuerung des Kraftstoffdruckes im Steuerdruckraum eines Einspritzventilgliedes, etwa bei Common-Rail-Einspritzsystemen, 30 zum Gegenstand. Über den Kraftstoffdruck im Steuerdruckraum wird die Bewegung eines Ventilkolbens gesteuert, mit dem die Einspritzöffnungen des Einspritzventils geöffnet oder verschlossen werden. Das Magnetventil weist einen in einem Gehäuseteil angeordneten Elektromagneten, einen beweglichen Anker und ein mit dem Anker bewegtes, von einer Schließfeder in Schließrichtung beaufschlagtes Steuerventilglied auf, das mit einem 35 Ventilsitz des Magnetventils zusammenwirkt und so den Kraftstoffabfluss aus dem Steuerdruckraum steuert. Auch aus DE 197 08 104 A1 ist ein solches Magnetventil zur Steuerung des Kraftstoffdruckes im Steuerdruckraum eines Einspritzventils bekannt.

Zur Vermeidung der nachteiligen Folgen des per Magnetventilen nach deren Ansteuerung auftretenden Ankerprellens sind die Anker der Magnetventile gemäß DE 196 50 865 A1 und DE 197 08 104 A1 als zweiteilige Anker ausgebildet. Die Anker umfassen einen Ankerbolzen und eine auf dem Ankerbolzen gleitverschiebbar aufgenommene Ankerplatte.

5 Durch den Einsatz zweiteiliger Anker wird deren effektiv abgebremste Masse und damit die das Ankerprellen verursachende kinetische Energie des auf den Ventilsitz auftreffenden Ankers vermindert. Ein Ansteuern des Magnetventils führt erst dann wieder zu einer definierten Einspritzmenge, wenn die Ankerplatte nicht mehr nachschwingt. Daher sind Maßnahmen erforderlich, um das Nachschwingen der Ankerplatte zu reduzieren. Dies ist insbesondere dann erforderlich, wenn kurze zeitliche Abstände zwischen einer Vor- und einer Haupteinspritzphase erforderlich sind. Zur Lösung dieses Problems kommen Dämpfungseinrichtungen zum Einsatz, welche einen ortsfesten Teil und einen mit der Ankerplatte bewegten Teil umfassen. Der ortsfeste Teil kann durch einen Überhubanschlag gebildet sein, welcher die maximale Weglänge begrenzt, um die sich die Ankerplatte auf dem Ankerbolzen verschieben kann. Der bewegliche Teil wird durch einen dem ortsfesten Teil zugewandten Vorsprung an einer Ankerplatte gebildet. Der Überhubanschlag kann durch die Stirnseite eines den Ankerbolzen führenden, in dem Gehäuse des Magnetventils ortsfest eingespanntes Gleitstück oder durch ein dem Gleitstück vorgelagertes Teil wie beispielsweise einer Ringscheibe gebildet sein. Bei einer Annäherung der Ankerplatte an den Überhubanschlag entsteht zwischen den einander zugewandten Stirnseite der Ankerplatte und des Überhubanschlages ein hydraulischer Dämpfungsraum. Der in dem Dämpfungsraum enthaltene Kraftstoff erzeugt eine Kraft, die der Bewegung der Ankerplatte entgegenwirkt, so dass das Nachschwingen der Ankerplatte stark gedämpft werden kann.

25

Nachteilig bei den Magnetventilen gemäß DE 196 50 865 A1 und DE 197 08 104 A1 ist die genaue Einstellung des maximalen Gleitweges, welcher der Ankerplatte am Ankerbolzen zur Verfügung steht. Der maximale Gleitweg, auch Überhub genannt, wird durch Austauschen der Überhubscheibe, zusätzliche Distanzscheiben oder Abschleifen des Überhubanschlages eingestellt. Diese Lösungen sind, da sie eine schrittweise durchzuführende iterative Einstellung erfordern, aufwendig und nur schwer zu automatisieren und verlängern daher die in der Fertigung solcher Magnetventile erforderlichen Taktzeiten.

30 35 Heute eingesetzte hubgesteuerte Kraftstoffinjektoren für Hochdruckeinspritzanlagen mit einem Hochdruckspeicherraum umfassen je eine Drossel und einen Steller, der als Magnetspule bzw. als Piezoaktor ausgestaltet sein kann. Mit diesen Komponenten können jedoch nur sehr geringe Öffnungs- bzw. Schließgeschwindigkeiten eines Einspritzventilgliedes erreicht werden, welches als Düsenadel ausgebildet sein kann. Bei

Mehrfacheinspritzungen ist es daher nicht möglich, durch unterschiedliche Nadelöffnungsgeschwindigkeiten den hinsichtlich der Emissionen ausschlaggebenden Druckanstieg derart zu beeinflussen, dass eine Pilot-Einspritzung (PI) sehr nahe der Haupteinspritzphase liegt, ohne dass die nachfolgenden Einspritzungen funktionskritisch beeinflusst werden.

Darstellung der Erfindung

10 Nach der erfindungsgemäßen Lösung ist eine Druckentlastung eines im Kraftstoffinjektor zur Betätigung des Einspritzventilgliedes vorgesehenen Steuerraumes über zwei Ablaufdrosseln möglich. Die beiden, die Druckentlastung des das Einspritzventilglied betätigenden Steuerraumes bewirkenden Ablaufdrosseln können gemäß der erfindungsgemäßen Lösung einzeln oder gemeinsam angesteuert werden.

15 Dazu können in einer ersten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Lösung dem Ventilkörper zwei Steller zugeordnet werden, die als Stellglieder fungieren. Mit einem der als Stellglieder eingesetzten Magnetventile kann eine sehr kleine Ablaufdrossel für eine 20 Pilot-Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum einer selbstzündenden Verbrennungskraftmaschine geöffnet werden. Durch die sich über die sehr klein dimensionierte Ablaufdrossel einstellende Abströmmenge aus dem Einspritzsystem, den Hochdruckspeicherraum (Common Rail), die Zuleitung und den Kraftstoffinjektor umfassend, können die entstehenden Druckschwingungen sehr gering gehalten werden. Je 25 kleiner diese Druckschwingungen gehalten werden können, desto geringer bleibt der Einfluss der Druckschwingungen auf die zeitlich der Pilot-Einspritzung eventuell erfolgende zweite Piloteinspritzung bzw. auf die Haupteinspritzphase. Dies hat zur Folge, dass Folgeeinspritzungen wesentlich zyklusstabilier in Bezug auf den Druckanstieg und die Einhaltung kleinsten Einspritzmengen in den Brennraum, d.h. die Kleinstmengenfähigkeit des erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors erheblich verbessert wird.

30 Je nach Abstimmung der ersten Ablaufdrossel und einer weiteren, zweiten Ablaufdrossel kann das als Magnetventil ausgebildete zweite Stellglied nur für die Haupteinspritzung oder aber auch zusammen mit dem die Pilot-Einspritzung bewirkenden, die erste sehr klein dimensionierte Ablaufdrossel ansteuernden Stellglied betätigt werden. Bei Ansteuerung 35 beider Stellglieder kann eine Druckentlastung des Steuerraumes von Steuerraumvolumen sehr schnell erfolgen. Dies bedeutet, dass die vertikale Hubbewegung des Einspritzventilgliedes aufgrund der Druckentlastung des Steuerraumes mit einer relativ hohen Geschwindigkeit erfolgt. Ein schnelles Öffnen des beispielsweise als Düsenneedle ausgebildeten Einspritzventilgliedes hat zur Folge, dass bei Haupteinspritzphasen die

Strahlaufbereitungs-energie keine Drosselung am Düsenadelsitz aufgrund eines zu langsamen Öffnens erfährt, sondern an der Einspritzöffnung anliegt. Dies bedeutet, dass der durch die Einspritzöffnungen in den Brennraum der Verbrennungskraftmaschine eingespritzte Kraftstoff einerseits aufgrund der nicht vorhandenen Drosselung an der Einspritzöffnung mit sehr hohem Druck eintritt, und andererseits die Verbrennung begünstigend sehr fein zerstäubt werden kann.

In einer weiteren Ausführungsvariante der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung kann anstelle zweier getrennt in den Ventilkörper eingebauter und separat anzusteuernder Stellglieder in Gestalt zweier Magnetventile ein doppelschaltendes Magnetventil eingesetzt werden. Am als Stellglied eingesetzten doppelschaltenden Magnetventil können aufgrund unterschiedlicher Bestromungsstärken des doppelschaltenden Magnetventils verschiedene Ablaufdrosselkombinationen geschaltet werden, um zwei unterschiedliche Geschwindigkeitsniveaus für die Öffnungsbewegung des bevorzugt als Düsenadel ausgebildeten Einspritzventilgliedes zu realisieren. Auch gemäß dieser Ausführungsvariante ist der ein Einspritzventilglied betätigende Steuerraum innerhalb eines Ventilkörpers des Kraftstoffinjektors mit zwei Ablaufdrosseln versehen. Wird das doppelschaltende Magnetventil mit einem ersten, niedriger gelegenen Stromniveau angesteuert, so erfolgt die Freigabe eines Schließelements, welche ein Ablaufdrosselement verschließt, und eine Absteuerung von Steuervolumen durch diese Ablaufdrossel. Wird hingegen ein zweites Bestromungsniveau, welches verglichen mit dem ersten Bestromungsniveau höher liegt, eingestellt, werden über das doppelschaltende Magnetventil beide Ablaufdrosseln geöffnet.

Bei Ansteuerung des doppelschaltenden Magnetventils mit einem ersten Bestromungsniveau kann eine kleine Voreinspritzmenge genau und stabil zugemessen werden. Wird das doppelschaltende Magnetventil hingegen mit einem zweiten Bestromungsniveau beaufschlagt, kann eine schnelle Druckentlastung des Steuerraumes erfolgen, so dass sich eine hohe Nadelöffnungsgeschwindigkeit für die Haupteinspritzung mit den oben skizzierten, damit verbundenen Vorteilen einstellt.

In vorteilhaften weiteren Ausgestaltungen der Erfindung ist zusätzlich ein Druckverstärker vorgesehen, der den Kraftstoffdruck über den in dem Hochdruckspeicherraum herrschenden Druck anhebt. Hierdurch ergeben sich vielfältige weitere Steuerungsmöglichkeiten für den Kraftstoffinjektor. So wird die Möglichkeit geboten, unterschiedliche Geschwindigkeiten der Düsenadel mit einer schaltbaren Druckerhöhung während des Betriebs zu realisieren. Diese große Variabilität der Ansteuerung des Kraftstoffinjektors bietet insbesondere den Vorteil, den Bewegungsablauf der Düsenadel und die Steuerung des Einspritzdrucks so zu beeinflussen, dass eine

Formung des Verlaufs der Einspritzung durch das Ansteuerkonzept realisiert werden kann. Im Vergleich zu Kraftstoffinjektoren herkömmlicher Bauart können mittels des erfindungsgemäß ausgestalteten Kraftstoffinjektors deutlich mehr Freiheitsgrade hinsichtlich der Flexibilität des Einspritzverlaufs und des Einspritzdrucks dargestellt werden. Zusätzlich kann eine sehr hohe Geschwindigkeit der Düsenadel bei der Öffnungsbewegung erreicht werden.

Diese Ausführungsvarianten der Erfindung bieten demzufolge die Möglichkeit zu einer noch stärkeren Variation der Geschwindigkeit der Düsenadel des Kraftstoffinjektors und zur Erzeugung eines sehr hohen Einspritzdrucks, der das Druckniveau eines Druckspeichers noch übersteigt. Die hohe Geschwindigkeit der Düsenadel bewirkt eine Verringerung der Drosselung im Düsensitz. Beide Effekte führen zu einer sehr feinen und gleichmäßigen Zerstäubung des Kraftstoffs während des Einspritzvorgangs und damit zu einer weiteren Verringerung der Emission schädlicher Abgase. Durch entsprechende Steuerung der Magnetsteller ist es weiterhin auf einfache Weise möglich, den Verlauf des Einspritzvorgangs optimal an den Bedarf der Verbrennungskraftmaschine anzupassen.

Zeichnung

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend näher erläutert.

Es zeigt:

Figur 1 eine erste Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors im Längsschnitt,

Figur 2 die Ausführungsvariante eines Kraftstoffinjektors gemäß Figur 1, jedoch im Vergleich zur Figur 1 in einer um 90° gedrehten Lage,

Figur 3 den Längsschnitt durch einen erfindungsgemäß konfigurierten Kraftstoffinjektor gemäß Figur 1 in einer leicht gedrehten Lage, in die Ebene, in der die Düsenraumzulaufbohrung liegt,

Figur 4 den Ventilkörper des erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors gemäß der ersten Ausführungsvariante in vergrößerter Darstellung,

Figur 4a eine vergrößerte Darstellung einer Ankerbolzenführung, die in den Ventilkörper 2 eingelassen ist,

Figur 5 eine weitere Ausführungsvariante des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors mit einem doppelschaltenden Magnetventil,

5 Figur 6.1 einen ersten Bestromungsverlauf zur Durchführung einer Piloteinspritzung und langsam angesteuerter Düsenneedle und einen zweiten Bestromungsverlauf einer Haupteinspritzung mit einer angesteuerten Düsenneedle,

10 Figur 6.2 die sich gemäß der Bestromungsverläufe in Figur 6.1 einstellenden Ventilhübe, aufgetragen über die Zeitachse,

15 Figur 6.3 einen ersten Bestromungsverlauf für eine Piloteinspritzung und langsam bewegter Düsenneedle und einen zweiten Bestromungsverlauf für eine angelagerte Piloteinspritzung und langsamer Düsenneedlegeschwindigkeit sowie eine Haupteinspritzung mit schnell angesteuerter Düsenneedle,

20 Figur 6.4 die sich bei der Bestromung gemäß Figur 6.3 einstellenden Ventilhübe.

25 Figur 7 eine weitere Ausführungsvariante des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors mit einem Druckverstärker und zwei 2/2-Ventilen als Stellglieder

30 Figur 8 eine weitere Ausführungsvariante des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors mit einem Druckverstärker und einem 3/3-Ventil als Stellglied

Figur 9 in einem Diagramm die Darstellung des Düsenneedlehubs als Funktion der Zeit

Figur 10 in einem weiteren Diagramm die Einspritzung als Funktion der Zeit.

35 Ausführungsvarianten

Figur 1 ist eine erste Ausführungsvariante eines erfindungsgemäß konfigurierten Kraftstoffinjektors im Längsschnitt zu entnehmen.

35 Figur 1 zeigt einen Kraftstoffinjektor 1, der einen Ventilkörper 2 umfasst, an welchem mittels einer Überwurfmutter 4 ein Haltekörper 5 befestigt ist. Der Haltekörper 5 umfasst eine Zentralbohrung 6, die eine sich in den Ventilkörper 2 und durch den Haltekörper 5 erstreckende Druckstange 7 aufnimmt. Am unteren Ende des über die Überwurfmutter 4 auswechselbar am Ventilkörper 2 befestigten Haltekörpers 5 ist eine Düsenspannmutter 8

aufgenommen, welche ihrerseits einen Düsenkörper 9 aufnimmt. Über die Düsenspannmutter 9 sind das untere Ende des Haltekörpers 5 und der Düsenkörper 9 gegeneinander verschraubt. Im Übergangsbereich zwischen dem unteren Ende des Haltekörpers 5 und dem oberen Bereich des Düsenkörpers 9 ist eine Schließfeder 10 aufgenommen, welche das untere Ende der Druckstange 7 umschließt und auf ein im Düsenkörper 9 angeordnetes, in vertikale Richtung bewegbares Einspritzventilglied 11 wirkt. Das Einspritzventilglied 11 wird bevorzugt als Düsenadel ausgebildet und ist im Bereich einer Druckstufe von einem Düsenraum 12 umgeben.

10 Im unteren Bereich des Ventilkörpers 2, dem oberen Bereich des Haltekörpers 5 gegenüberliegend, erstrecken sich Leckagebohrungen 13 durch den Ventilkörper 2 und den Haltekörper 5. Die Leckagebohrungen 13 dienen als Leckölablauf über eine in Figur 4a näher dargestellte, in den Ventilkörper 2 integrierte Ankerbolzenführung 46.

15 Im oberen Bereich des Ventilkörpers 2 weist dieser einen Zulaufanschluss 3 auf. Seitlich in der Darstellung gemäß Figur 1 sind in entsprechende Bohrungen innerhalb des Ventilkörpers 2 ein erstes Stellglied 15 sowie ein zweites Stellglied 16 eingeschraubt. Gemäß der in Figur 1 dargestellten ersten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Lösung sind zwei separate Stellglieder 15 bzw. 16 vorgesehen, die bevorzugt als
20 Magnetventile ausgebildet werden. Das erste Stellglied 15 wirkt auf eine erste Ablaufdrossel 17 (vgl. Figur 4), während das zweite Stellglied 16 auf ein diesem gegenüberliegendes weiteres Ansteuerdrossel-Element wirkt. Die beiden, Figur 4 entnehmbaren Ablaufdrosseln 17 bzw. 18 werden über einen beispielsweise kugelförmig oder kegelförmig konfigurierten Schließkörper (vgl. Darstellung in Figur 4) verschlossen
25 bzw. geöffnet. Im Ventilkörper 2 ist darüber hinaus ein Steuerraum 19 angeordnet, der einerseits vom Ventilkörper 2 und andererseits von der oberen Stirnfläche der Druckstange 7 begrenzt wird. Das erste Stellglied 15 und das zweite Stellglied 16 sind baugleich. Das erste Stellglied 15 umfasst einen Magnetkern 21, der seinerseits von einer zylindrisch konfigurierten Magnethülse 22 umgeben ist. Über die in den Magnetkern 21 eingelassene
30 Magnetspule wird ein Magnetanker betätigt (vgl. Darstellung in Figur 4). Der Magnetanker ist über eine Druckfeder beaufschlagt, die sich durch den Magnetkern 21 erstreckt und teilweise von einem tellerförmigen Bereich eines Ablaufstutzens 27 umgeben ist. Das zweite Stellglied 16 ist in analoger Weise aufgebaut.

35 Figur 2 zeigt die erste Ausführungsvariante des erfindungsgemäß konfigurierten Kraftstoffinjektors in einer im Vergleich zu Figur 1 um 90° gedrehten Lage.

Figur 2 ist entnehmbar, dass der Ventilkörper 2, der im oberen Bereich einen Zentralbohrungsanschluss 3 aufweist, neben den Figur 1 entnehmbaren ersten und zweiten

Stellgliedern 15 bzw. 16 einen Druckanschlussstutzen 31 aufweist. Dieser Druckanschlussstutzen 31, in den Ventilkörper 2 eingeschraubt, umfasst eine Zulaufdrossel 32, über welche der Steuerraum 19 (vgl. Figur 1a) mit Steuervolumen, d.h. unter hohem Druck stehenden Kraftstoff, beaufschlagt wird. Der dem Druckanschlussstutzen 31 gegenüberliegend angeordnete Druckstutzen kann als Druckmessanschluss 34 zur Messung des im Steuerraum 19 herrschenden Druckniveaus eingesetzt werden. Am unteren Ende des Ventilkörpers 2 ist die Überwurfmutter 4 zu erkennen, mit welcher der Haltekörper 5 mit dem Ventilkörper 2 verbunden wird. Aufgrund der Schraubverbindung mittels der Überwurfmutter 4 zwischen Ventilkörper 2 und Haltekörper 5 kann der erfundungsgemäße Kraftstoffinjektor in unterschiedlichen Baulängen ausgebildet werden. Dies erlaubt in vorteilhafter Weise, die Geometrie des Ventilkörpers 2 unverändert zu lassen und die Baulänge lediglich über die Bauhöhe, d.h. die Axialerstreckung des Haltekörpers 5 anzupassen.

Am unteren Ende des Haltekörpers 5 ist mittels einer Düsenspannmutter 8 der Düsenkörper 9 aufgenommen, der seinerseits ein in vertikale Richtung bewegbares Einspritzventilglied 11 aufnimmt.

Figur 3 zeigt die erste Ausführungsvariante des erfundungsgemäß konfigurierten Kraftstoffinjektors in eine Ebene gedreht, in welcher die den Düsenraum im Düsenkörper beaufschlagende Zentralbohrung 36 liegt.

Aus der Darstellung gemäß Figur 3 geht hervor, dass innerhalb des Zulaufanschlusses ein Stabfilterelement 14 eingelassen ist. Unterhalb des Stabfilters 14 verläuft die Zentralbohrung 36 durch den Ventilkörper 2 und mündet an der Stoßfuge am unteren Ende des Ventilkörpers 2 in den Haltekörper 5. Über die Zentralbohrung 36 wird der das Einspritzventilglied 11 umgebende Düsenraum 12 innerhalb des Düsenkörpers 9 mit unter hohem Druck stehenden Kraftstoff versorgt. Seitlich am Ventilkörper 2 sind der Druckanschlussstutzen 31 sowie ein am zweiten Stellglied 16 angeordnetes Gehäuse 28 aufgenommen. Das zweite Stellglied 16 umfasst ebenfalls ein Gehäuse 28, an welchem ein Steckeranschluss 33 ausgebildet ist. Über den Steckeranschluss 33 am Gehäuse 28 erfolgt die Stromversorgung der vom Magnetkern 21 umschlossenen Magnetspulen an jedem der beiden Stellglieder 15 bzw. 16.

Figur 4 zeigt den Ventilkörper des Kraftstoffinjektors in einem vergrößerten Maßstab.

Der Ventilkörper 2 gemäß der Darstellung in Figur 4 umfasst einen zentral angeordneten Hochdruckzulauf 3. Dem Hochdruckzulauf 3 gegenüberliegend, befindet sich am unteren Bereich des Ventilkörpers 2 eine Überwurfmutter 4, mit welcher ein Haltekörper 5 am

Ventilkörper 2 auswechselbar aufgenommen ist. Im unteren Bereich des Ventilkörpers 2 weist dieser Leckagebohrungen 13 auf, die der Leckageölabfuhr dienen. Eine Leckageölabfuhr ist erforderlich, um aus den geöffneten Ablaufdrosseln 17 bzw. 18 abgesteuertes Steuerraumvolumen (Leckagestrom II) über Bohrungen, die in der Ankerbolzenführung 46 ausgebildet sind, durch einen Ankerbolzen um die Ankerplatte 26 in den Ablaufstutzen 27 zu fördern. Daneben wird von der Düse abströmendes Lecköl (Leckagestrom I) von der den Haltekörper 5 der rechtwinklig durch den Ventilkörper 2 verlaufenden Bohrung ebenfalls über die Ankerbolzenführung 46 dem Ablaufstutzen 27 zugeleitet (vgl. Pfeile in Figur 4).

Sowohl der Ventilkörper 2 als auch der Haltekörper 5 weisen eine Zentralbohrung 6 auf, die in der Darstellung gemäß Figur 4 ein stangenförmig ausgebildetes Druckelement 7 umgibt. Die Stirnseite 20 des stangenförmigen Druckelementes 7 begrenzt einen Steuerraum 19, der innerhalb des Ventilkörpers 2 ausgebildet ist (vgl. Figur 1a). Der Steuerraum 19 innerhalb des Ventilkörpers 2 ist darüber hinaus außer durch die Stirnseite 20 des stangenförmigen Druckelementes 7 durch das Gehäuse des Ventilkörpers 2 begrenzt. Vom Steuerraum 19 innerhalb des Ventilkörpers 2 zweigen zwei einander gegenüberliegende Ablauftkanäle ab, die jeweils in eine erste Ablaufdrossel 17 bzw. in eine zweite Ablaufdrossel 18 übergehen. Die beiden, die Ablaufdrosseln 17 bzw. 18 jeweils beaufschlagenden Kanäle liegen innerhalb des Ventilkörpers 2 einander gegenüber.

Jede der Ablaufdrosseln, d.h. die erste Ablaufdrossel 17 und die zweite Ablaufdrossel 18, sind in einem Einsatzstück 30 ausgebildet. Die Einsatzstücke 30 liegen im Ventilkörper 2 einander gegenüber und werden durch Ventilspannschrauben 29 im Ventilkörper 2 gehalten.

Jeder der Ablaufdrosseln 17 bzw. 18 ist ein Schließelement 43 bzw. 49 zugeordnet, welches gemäß Figur 4 als kugelförmiges Schließelement ausgebildet sein kann. Anstelle kugelförmig ausgebildeter Schließelemente 43 bzw. 49 können die Schließelemente, die durch das erste Stellglied 15 bzw. das zweite Stellglied 16 betätigt werden, auch als kegelförmig ausgebildete Schließkörper ausgeführt sein. Diese wirken dann mit Kegelsitzen zusammen, die an der dem Schließelement 43 bzw. 49 zuweisenden Seite des auswechselbar im Ventilkörper 2 aufgenommenen Einsatzes 30 ausgebildet sind. Die Betätigung, d.h. die Freigabe bzw. das Schließen der ersten Ablaufdrossel 17 bzw. der zweiten Ablaufdrossel 18, erfolgt über das erste Stellglied 15 bzw. das zweite Stellglied 16. Jedes der Stellglieder 15 bzw. 16, die einander gegenüberliegend am Ventilkörper 2 des Kraftstoffinjektors 1 aufgenommen sind, umfasst einen Magnetkern 21, welcher eine Magnetspule umgibt. Der Magnetkern 21 ist von einer zylindrisch ausgebildeten Magnethülse 22 umschlossen, wobei sich die Magnethülse 22 auch um den unteren,

tellerförmig ausgebildeten Ansatz eines Ablaufstutzens 27 erstreckt. Am Ablaufstutzen 27 und im oberen Bereich der den Magnetkern 21 umschließenden Magnethülse 22 ist das Gehäuse 28 mitsamt einem darin ausgebildeten Steckeranschluss 33 verrastet. Die Magnethülse 22 umfasst einen ringförmigen Ansatz, an dem sie von einer 5 Magnetspannmutter 44 umschlossen ist, mit dem das erste Stellglied 15 sowie das zweite Stellglied 16 an einem Außengewinde des Ventilkörpers 2 des Kraftstoffinjektors 1 verschraubt werden können.

Der Magnetkern 21 des ersten Stellgliedes 15 und des zweiten Stellgliedes 16 umschließt 10 eine Druckfeder 25, die ihrerseits von einer Hülse umschlossen ist. Die Druckfeder 25 beaufschlagt einen Magnetanker 23, welcher zweiteilig ausgeführt ist und einen Ankerbolzen 24 sowie eine Ankerplatte 26 umfasst. Der Magnetanker umfasst einen Ankerbolzen 24 sowie eine den Ankerbolzen 24 umschließende Ankerplatte 26. Die Ankerbolzen 24 der Magnetanker des ersten Stellgliedes 15 bzw. des zweiten Stellgliedes 15 15 umfassen an ihrer den Schließelementen 43 bzw. 49 gegenüberliegenden Stirnseite Schließelementaufnahmen, die die Schließelemente 43, 49 - entsprechend deren Geometrie - teilweise umschließen.

Der tellerförmig ausgebildete Bereich des Ablaufstutzens 27 ist mit einem ersten Dichtring 20 versehen, welcher der Innenseite der den Magnetkern 21 umschließenden Magnethülse 22 gegenüberliegt. An der Außenseite umfasst die Magnethülse 22 einen weiteren, zweiten Dichtring 41. Bei der Ausführung des ersten Stellgliedes 15 bzw. des zweiten Stellgliedes 16 als Magnetventil kann der Magnetanker 24, 26 eine Ankerplattenfeder 42 umfassen, die die Ankerplatte 26 des Magnetankers 24, 26 gegen eine Ankerbolzenführung 46, die den 25 Ankerbolzen 24 umgibt, abstützt. Mit Bezugszeichen 45 ist der Hubweg gekennzeichnet, den das Magnetventil bei Bestromung der im Magnetkern 21 aufgenommenen Magnetspule ausführt. Der Ankerhubweg 45 bezeichnet den Abstand zwischen der der Magnetspule im Ankerkern 21 zuweisenden Stirnseite der Ankerplatte 26 und der dieser gegenüberliegenden Stirnseite des Magnetkerns 21. Die die Ankerplatte 26 des 30 Magnetankers 24, 26 beaufschlagende Ankerplattenfeder 42 stützt sich auf einer Stirnseite 47 der Ankerbolzenführung 46 ab. Gemäß der in Figur 4 in vergrößertem Maßstab wiedergegebenen Ausführung des Ventilkörpers 2 des Kraftstoffinjektors 1 sind die Ablaufdrosseln 17 bzw. 18 in auswechselbaren Einsätzen 30 ausgebildet. Die Einsätze 30 können entweder - wie in Figur 4 dargestellt - über Ventilspannmuttern 29 einander 35 gegenüberliegend seitlich in entsprechenden Bohrungen im Ventilkörper 2 montiert werden. Daneben wäre es auch möglich, dass die Einsätze 30 unmittelbar durch das erste Stellglied 15 bzw. das zweite Stellglied 16 im Ventilkörper 2 fixiert werden können.

Die in Figur 4 nicht dargestellte, den Steuerraum 19 mit einem Steuervolumen beaufschlagende Zulaufdrossel 32 (vgl. Darstellung gemäß Figur 2) erstreckt sich senkrecht zur Zeichenebene und liegt in einer um 90° verdreht orientierten Lage zu den die Ablaufdrosseln 17 bzw. 18 beaufschlagenden Kanälen des Steuerraumes 19. Der im oberen 5 Bereich des Ventilkörpers 2 dargestellte, zentrale Hochdruckanschluss 3 geht in eine in Figur 4 nicht dargestellte, im wesentlichen parallel zur Zentralbohrung 6 im Haltekörper 5 und Ventilkörper 2 verlaufende Zulaufbohrung 36 über.

Aufgrund der Verbindung des Haltekörpers 5 mit dem unteren Ende des Ventilkörpers 2 10 über eine Überwurfmutter 4 kann unterschiedlichen Motoreinbaulängen des erfindungsgemäß konfigurierten Kraftstoffinjektors 1 Rechnung getragen werden. Ohne dass Modifikationen am relativ aufwendigen Ventilkörper 2 des Kraftstoffinjektors 1 erforderlich sind, kann nach Lösen der Überwurfmutter 4 zwischen Haltekörper 5 und Ventilkörper 2 ein Haltekörper 5 mittels der Überwurfmutter 4 am Ventilkörper 2 15 aufgenommen werden, der in passender Einbaulänge ausgebildet ist. Am unteren - in Figur 4 nicht dargestellten - Ende des Haltekörpers 5 - ist mittels einer Düsenspannmutter 8 ein Düsenkörper 9 aufgenommen, in welchem ein beispielsweise als Düsenadel ausgebildetes Einspritzventilglied 11 in vertikale Richtung bewegbar aufgenommen ist. Das Einspritzventilglied 11 kann über eine Schließfeder 10 (vgl. Darstellungen gemäß Figuren 20 1 bis 3) beaufschlagt sein. Der das Einspritzventilglied 11 innerhalb des Düsenkörpers 8 umgebende Düsenraum 12 wird über die sich im wesentlichen parallel zur Zentralbohrung 6 im Haltekörper 5 verlaufende Zulaufbohrung 36 mit unter hohem Druck stehenden Kraftstoff beaufschlagt.

Mit dem ersten Stellglied 15 bzw. dem zweiten Stellglied 16 kann der Steuerraum 19 25 druckentlastet werden. Um an einem Kraftstoffinjektor 1 eine Pilot-Einspritzung zu realisieren, kann die erste Ablaufdrossel 17 im entsprechenden Einsatz 30 mit einem sehr kleinen Querschnitt ausgebildet werden. Wird das erste Stellglied 15 angesteuert, wird der Steuerraum 19 innerhalb des Ventilkörpers 2 nur über die erste Ablaufdrossel 17 30 druckentlastet. Durch die kleine Abströmmenge können Druckschwingungen sehr klein gehalten werden. Aufgrund der Druckschwingungen mit geringer Amplitude wirken sich diese auf zeitlich darauf folgende Einspritzungen nicht negativ aus. Die Haupteinspritzung kann demzufolge zyklusstabilier gehalten werden, wobei die Kleinstmengenfähigkeit des Kraftstoffinjektors 1 durch die kleine Dimensionierung der ersten Ablaufdrossel 17 35 erheblich verbessert werden kann. Das zweite Stellglied 16 kann je nach Abstimmung der Ablaufdrosselquerschnitte der Ablaufdrosseln 17 bzw. 18 zusammen mit dem ersten Stellglied 15 oder getrennt von diesem angesteuert werden. Bei gemeinsamer Ansteuerung des ersten Stellgliedes 15 und des zweiten Stellgliedes 16 erfolgt eine Druckentlastung des Steuerraumes 19 innerhalb des Ventilkörpers 2 über beide Ablaufdrosseln 17 und 18.

Dadurch kann der Steuerraum 19 sehr schnell druckentlastet werden, was eine höhere Öffnungsgeschwindigkeit des Einspritzventilgliedes 11 zur Folge hat. Aufgrund dessen stellt sich bei Haupteinspritzungen keine Drosselung der Strahlaufbereitungsenergie am Sitz des Einspritzventilgliedes 11 ein, die Strahlaufbereitungsenergie steht vielmehr an der 5 oder den Einspritzöffnungen des Kraftstoffinjektors 1 in den Brennraum einer selbstzündenden Verbrennungskraftmaschine an.

Figur 4a zeigt eine vergrößerte Darstellung einer Ankerbolzenführung, die in den Ventilkörper 2 eingelassen ist.

In der Darstellung gemäß Figur 4a ist die Ankerbolzenführung 46 in vergrößertem Maßstab herausgezeichnet dargestellt. Der mit I bezeichnete Leckölstrom bezeichnet den von der Düse über den Haltekörper 5 und den rechtwinklig im Ventilkörper 2 verlaufenden Bohrungsabschnitt in den Ablaufstutzen 27 ablaufenden Leckagestrom, während mit II der 10 von den geöffneten Ablaufdrosseln 17 bzw. 18 aus dem Steuerraum 19 abströmende Leckölvolumenstrom bezeichnet ist. Die Ankerbolzenführung 46, welche den Ankerbolzen 24 des Magnetankers umschließt, kann dazu in einem scheibenförmigen Bereich verlaufende Bohrungen sowie sich radial zu diesen erstreckende Bohrungsabschnitte 15 aufweisen, so dass die Leckageströme I bzw. II den in Figur 4 durch die Pfeile 20 angedeuteten Strömungswege nehmen können, wobei die Leckageströme I bzw. II stets durch den Ablaufstutzen 27 den Ventilkörper 2 des Kraftstoffinjektors 1 gemäß der 25 Darstellung in Figur 4 verlassen.

Figur 5 zeigt ein doppelschaltendes Stellglied, welches am erfindungsgemäßen Kraftstoff- 25 injektor gemäß den Figuren 1 bis 4 eingesetzt werden kann.

Gemäß der zweiten Ausführungsvariante des der Erfindung zugrundeliegenden Gedankens können statt zweier getrennt ansteuerbarer Stellglieder 15 und 16 ein doppelschaltendes Stellglied 50 eingesetzt werden. Das doppelschaltende Stellglied 50 kann als Piezoaktor 30 oder auch als Magnetventil ausgebildet sein. Bei Ausführung des doppelschaltenden Stellgliedes 50 als Magnetventil umfasst dieses eine Magnetspule 50.1, welche bei unterschiedlichen Bestromungsstärken unterschiedliche Öffnungsgeschwindigkeiten des Einspritzventilgliedes 11 zur Folge erzeugt. Der in Figur 5 dargestellte Aufbau des Kraftstoffinjektors mit doppelschaltendem Magnetventil 50 ist hier schematisch 35 wiedergegeben. Im Vergleich zur erstgenannten Ausführungsvariante sind die Bauteile Düse, Haltekörper 5 und Druckstange 7 identisch. Analog zur Darstellung des Kraftstoffinjektors 1 in den Figuren 1 bis 4 gemäß der ersten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Lösung wird der Steuerraum 19 durch eine erste Ablaufdrossel 17 und eine weitere, zweite Ablaufdrossel 18 druckentlastet. Die Beaufschlagung des

Steuerraumes 19 mit unter hohem Druck stehenden Kraftstoff erfolgt über eine Zulaufdrossel 32, die ihrerseits über einen Hochdruckanschluss 56 beaufschlagt ist. Vor der Zulaufdrossel 32 zweigt eine Zulaufbohrung 57 zum Düsenraum 12 ab, der das als Düsenadel ausgebildete Einspritzventilglied 11 umgibt. Das Einspritzventilglied 11 ist durch eine Schließfeder 10 beaufschlagt und umfasst eine Druckstufe 58, die in den Düsenraum 12 hineinragt. Am brennraumseitigen Ende des Einspritzventilgliedes 11 sind Einspritzöffnungen 59 dargestellt, über welche der unter hohem Druck stehende Kraftstoff in den Brennraum einer selbstzündenden oder fremdgezündeten Verbrennungskraftmaschine eingespritzt werden kann.

10

Das doppelschaltende Stellglied 50 umfasst bei einer Ausführung als doppelschaltendes Magnetventil eine Magnetspule 50.1. An einem von der Magnetspule 50.1 umschlossenen Stützring 51 stützt sich eine erste Druckfeder 52 sowie eine weitere, zweite Druckfeder 53 ab. Die erste Druckfeder 52 beaufschlagt einen ersten Ankerbolzen 54, während die zweite, sich am Stützring 51 abstützende zweite Druckfeder 53 einen zweiten Ankerbolzen 55 beaufschlagt. Die Ankerbolzen 54 bzw. 55 gemäß der zweiten Ausführungsvariante des Kraftstoffinjektors 1 entsprechen den Ankerbolzen 24 dem Magnetanker 24, 26 gemäß der ersten Ausführungsvariante des Kraftstoffinjektors 1 nach Figur 4. Über das doppelschaltende Stellglied 50 kann ein erstes Ventil 60 und ein zweites Ventil 61 angesteuert werden. Das unterschiedliche Öffnen bzw. Schließen der Magnetanker bzw. der Magnetankerbolzen 54 und 55 am doppelschaltenden Stellglied 50 kann einerseits durch unterschiedliche Federkräfte und andererseits durch unterschiedliche Ankergeometrien herbeigeführt werden. Aufgrund der unterschiedlichen Ankergeometrien ändern sich die jeweils erzeugbaren Magnetkräfte entsprechend der Änderung der Ankergeometrie. Bei Bestromung der Magnetspule 50.1 mit einem ersten Bestromungsniveau öffnet beispielsweise das erste Ventil 60 und ermöglicht eine Druckentlastung des Steuerraumes 19 über die erste Ablaufdrossel 17. Bei einer Erhöhung der Bestromung der Magnetspule 50.1 des doppelschaltenden Stellgliedes 50 erfolgt eine gleichzeitige Betätigung der Ankerbolzen 54 bzw. 55, so dass das erste Ventil 60 und das zweite Ventil 61 betätigt werden, so dass eine Druckentlastung des Steuerraumes 19 sowohl über die erste Ablaufdrossel 17 als auch über die zweite Ablaufdrossel 18 erfolgen kann. Der erste Ankerbolzen 54 bzw. der zweite Ankerbolzen 55 umfassen in Figur 5 schematisch angedeutete Schließelementführungen, welche die in der Darstellung gemäß Figur 5 als Kugelkörper ausgebildeten Schließ-Elemente 43 bzw. 49 teilweise umschließen. Die Schließelemente 43 bzw. 49 arbeiten mit Sitzflächen 48 zusammen, die in den auswechselbar im Ventilkörper 2 aufgenommenen Einsätzen 30 (vgl. Darstellung gemäß Figur 4) ausgebildet sein können. Anstelle der in Figur 5 dargestellten kugelförmig ausgebildeten Schließelemente 43 bzw. 49 können diese auch als Kegelkörper ausgebildet

sein, die mit entsprechend konfigurierten Sitzflächen an den Einsätzen 30 (vgl. Darstellung gemäß Figur 4) zusammenwirken können.

Bei Bestromung der Magnetspule 50.1 des doppelschaltenden Stellgliedes 50 mit einem ersten Stromniveau wird eines der Ventile 60 bzw. 61 mit geringerer Federkraft oder erhöhter Magnetkraft angesteuert. Bei einer Erhöhung des Stromniveaus, mit welchem die Magnetspule 50.1 des doppelschaltenden Stellgliedes 50 bestromt wird, auf ein zweites Stromniveau können beide Ventile 60 bzw. 61 geöffnet werden, so dass beide Ablaufdrosseln 17 bzw. 18 offen stehen und das Einspritzventilglied 11 - etwa vor einer Haupteinspritzung - mit erhöhter Öffnungsgeschwindigkeit öffnet.

Figur 6.1 und 6.2 sind Bestromungsverläufe mit der Magnetspule eines doppelschaltenden Stellgliedes sowie die sich einstellenden Ventilhübe der Ventile zu entnehmen.

Gemäß einem ersten, mit Bezugszeichen 70 bezeichneten Bestromungsverlaufs kann eine Bestromung der Magnetspule 50.1 erfolgen, die während einer Ansteuerdauer 77 das erste Ventil 60, d.h. die erste Ablaufdrossel 17, betätiggt. Die Bestromung der Magnetspule 50.1 während der Ansteuerdauer 77 erfolgt derart, dass die Magnetspule 50.1 mit einem Stromstoß, einer Stromüberhöhung 72 angesteuert wird, die nach einem Zeitraum auf ein erstes Stromniveau 71 zurückgenommen wird. Dadurch öffnet das Schließelement 43 des ersten Ventils 60 während der Ansteuerzeit 77 der Magnetspule 50.1 mit einem ersten Stromverlauf 70.

Erfolgt eine Bestromung der Magnetspule 50.1 des doppelschaltenden Stellgliedes 50 mit einem zweiten Stromverlauf 73, so öffnen sowohl das Ventil 60 als auch das Ventil 61. Durch die unterschiedlichen Federkraft-/Magnetkraftauslegungen in Bezug auf die Ventile 60 und 61 öffnet das Ventil 61 zeitverzögert im Vergleich zum Ventil 60 und schließt nach dem Ende der Bestromung etwas früher. Der zweite Bestromungsverlauf 73 ist dadurch gekennzeichnet, dass zu Beginn der Bestromungsdauer 76 eine Stromüberhöhung 75 erfolgt, die nach einer bestimmten Zeitspanne auf ein zweites Stromniveau 74 zurückgenommen wird. Aufgrund der höheren Stromstärke erfolgt ein Öffnen sowohl des ersten Ventils 60 als auch des zweiten Ventils 61 während einer gemeinsamen Ansteuerdauer 78. Während der gemeinsamen Ansteuerdauer 78 aufgrund des Stromniveaus der Bestromung der Magnetspule 50.1 wird der Steuerraum 19 gleichzeitig sowohl durch die erste Ablaufdrossel 17 als auch durch die zweite Ablaufdrossel 18 druckentlastet.

In der Darstellung gemäß Figur 6.3 und 6.4 sind Varianten von Bestromungsverläufen und Ventilhubwegen einander gegenübergestellt.

Aus Figur 6.3 geht hervor, dass eine Bestromung des ersten Ventils 60 während der Ansteuerdauer 77 mit einem ersten Bestromungsverlauf 70 analog zu Figur 6.1 erfolgt. Demzufolge legt das erste Ventil 60 während der Ansteuerdauer 77 einen Hubweg zurück, der identisch mit dem Hubweg des ersten Ventils 60 gemäß Figur 6.2 ist.

Gemäß der Darstellung in Figur 6.3 erfolgt nun eine modifizierte Bestromung der Magnetspule 50.1 des doppelschaltenden Stellgliedes 50 gemäß eines dritten Bestromungsverlaufs 79. Der dritte Bestromungsverlauf 79 ist dadurch gekennzeichnet, dass der zweiten Stromüberhöhung 75 im Gegensatz zum zweiten Bestromungsverlauf 73 gemäß der Darstellung in Figur 6.1 ein Stromimpuls vorgeschaltet ist, welcher dem ersten Bestromungsverlauf 70 entspricht. Dieser liegt jedoch noch auf dem geringeren Stromniveau, so dass während der Phase des dritten Bestromungsverlaufs 79, die dem ersten Bestromungsverlauf 70 entspricht, das zweite Ventil 61 geschlossen bleibt.

Figur 6.4 sind die sich einstellenden Hubwege des ersten Ventils 60 und des zweiten Ventils 61 bei der Bestromung mit einem dritten Bestromungsverlauf 79 zu entnehmen. In der Phase des dritten Bestromungsverlaufs 79, die dem ersten Bestromungsverlauf 70 entspricht, bleibt das zweite Ventil 61 zunächst geschlossen. Erst wenn der dritte Bestromungsverlauf 79 die zweite Stromüberhöhung 75 erreicht hat, öffnet das zweite Ventil 61 zusätzlich zum bereits offenstehenden ersten Ventil 60. Mit dem dritten Bestromungsverlauf 79 kann demzufolge ein Zuschalten des zweiten Ventils 61, d.h. ein Zuschalten der zweiten Ablaufdrossel 18 zur bereits offenstehenden ersten Ablaufdrossel 17, zur Druck-entlastung des Steuerraumes 19 erreicht werden. Während der mit Bezugszeichen 81 gekennzeichneten Steuerdauer erfolgt ein Zuschalten des zweiten Ventils 61 nach einer Verzögerungsphase 82, so dass eine schnellere Druckentlastung des Steuerraumes 19 erst ab dem Zuschalten des zweiten Ventils 61 erfolgt. Durch dieses zeitlich variable Zuschalten des zweiten Ventils 61 kann der Hubverlauf des Einspritzventilgliedes 11 zur Einspritzverlaufsformung gesteuert werden. Dadurch lässt sich eine gezielte Verzögerung der Hubbewegung des Einspritzventilgliedes 11 erreichen.

Die folgenden Ausführungsvarianten der Erfindung bieten die Möglichkeit zu einer noch stärkeren Variation der Geschwindigkeit der Düsenadel des Kraftstoffinjektors und zur Erzeugung eines sehr hohen Einspritzdrucks, der das Druckniveau eines Druckspeichers noch übersteigt. Die hohe Geschwindigkeit der Düsenadel bewirkt eine Verringerung der Drosselung im Düsensitz. Beide Effekte führen zu einer sehr feinen und gleichmäßigen Zerstäubung des Kraftstoffs während des Einspritzvorgangs und damit zu einer weiteren Verringerung der Emission schädlicher Abgase. Durch entsprechende Steuerung der

Magnetsteller ist es weiterhin auf einfache Weise möglich, den Verlauf des Einspritzvorgangs optimal an den Bedarf der Verbrennungskraftmaschine anzupassen.

Figur 7 zeigt eine vorteilhafte weitere Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors mit einem Druckverstärker und mit Steuerung des Kraftstoffinjektors über zwei 2/2-Ventile. Der hier schematisch dargestellte Kraftstoffinjektor 1 ist Bestandteil eines Einspritzsystems, das weiterhin einen Kraftstofftank 83, eine Hochdruckpumpe 84, einen Druckspeicher 85 sowie weitere, hier nicht dargestellte Kraftstoffinjektoren umfasst. Der Kraftstoffinjektor 1 umfasst einen Druckverstärker 86 mit einem Federraum 86.3, einer in diesem Federraum angeordneten Feder 86.2 und einem von der Feder 86.2 beaufschlagten Druckverstärkerkolben 86.1. Weiter sind ein Rückschlagventil 87, sowie eine Zulaufdrossel 88 vorgesehen. Die Zulaufdrossel 88 ist ausgangsseitig mit dem Steuerraum 19 des Kraftstoffinjektors 1 verbunden. Mit dem Steuerraum 19 sind eine erste Ablaufdrossel 17, die ausgangsseitig mit einem ersten 2/2-Ventil verbunden ist und eine zweite Ablaufdrossel 18, die ausgangsseitig mit einem zweiten 2/2-Ventil verbunden ist, verbunden.

Im Folgenden wird die Funktionsweise dieses ersten Ausführungsbeispiels beschrieben. Dabei lassen sich drei Steuervarianten unterscheiden. Bei einer ersten Steuervariante wird durch das Ansteuern des ersten 2/2-Ventils 15 die erste Ablaufdrossel 17 geöffnet und dadurch der Steuerraum 19 des Kraftstoffinjektors 1 entlastet. Die an der Düsennadel 11 angreifenden Kräfte heben diese gegen den Druck der Feder 10 an und öffnen so die Einspritzdüse. Es erfolgt eine Einspritzung mit dem Druck des Druckspeichers 85. Wird das erste 2/2-Ventil 15 wieder geschlossen, steigt der Druck in dem Steuerraum 19 des Kraftstoffinjektors 1 wieder an, die Einspritzdüse wird geschlossen und die Einspritzung somit beendet.

Bei einer zweiten Steuervariante werden durch Ansteuerung des zweiten 2/2-Ventils 16 die zweite Ablaufdrossel 18 und zusätzlich die Entlastungsleitung des Federraums 86.3 des Druckverstärkers 86 geöffnet. Wie oben schon anlässlich der Öffnung des ersten 2/2-Ventils 15 beschrieben, wird dadurch einerseits der Steuerraum 19 des Kraftstoffinjektors 1 entlastet, das Einspritzventilglied 11 angehoben und die Einspritzdüse geöffnet. Gleichzeitig erfolgt jedoch auch eine Entlastung des Federraums 86.3 des Druckverstärkers 86, mit der Folge, dass sich der Kolben 86.1 des Druckverstärkers 86 gegen den Druck der ihn beaufschlagenden Feder 86.2 in Bewegung setzen kann. Dadurch wird auf der Hochdruckseite eine Druckerhöhung herbeigeführt und die Einspritzung erfolgt mit einem Druck, der jenen des Druckspeichers 85 übersteigt. In der Praxis lässt sich ein

Kolbenflächenverhältnis zwischen der Niederdruckseite und der Hochdruckseite des Druckverstärkers 86 von etwa 1:1,5 bis etwa 1:3 erreichen. Bei Vernachlässigung dynamischer Druckwelleneffekte entsprechen diese Faktoren in etwa der Druckerhöhung, die mit dem Druckverstärker 86 erreichbar ist.

5

Bei einer dritten Steuervariante werden das erste 2/2-Ventil 15 und das zweite 2/2-Ventil 16 zugleich angesteuert. Dadurch werden die erste Ablaufdrossel 17, die zweite Ablaufdrossel 18 und zugleich die Entlastungsleitung 86.4 des Federraums 86.3 des Druckverstärkers 86 freigegeben. Damit wird einerseits, wie oben schon beschrieben, der Steuerraum 19 des Kraftstoffinjektors 1 entlastet. Diesmal jedoch über zwei Ablaufdrosseln 17 und 18. Dies hat zur Folge, dass das Einspritzventilglied 11 wesentlich schneller geöffnet wird. Zeitgleich stellt der Druckverstärker 86, wie auch zuvor schon beschrieben, wieder einen wesentlich höheren Einspritzdruck bereit.

15 Im Vorstehenden wurden bei diesem Ausführungsbeispiel der Erfindung gemäß Figur 7 drei unterschiedliche, vorteilhafte Steuervarianten beschrieben. In der Praxis ergibt sich eine große Variationsbreite durch eine zeitliche Verschiebung der Steuerzeitpunkte des ersten 2/2-Ventils 15 und des zweiten 2/2-Ventils 16. Dadurch können die Öffnungsgeschwindigkeit des Einspritzventilgliedes 11 und der Verlauf der Einspritzung beeinflusst werden. Dies wird anhand von Figur 9 erläutert, die in einem Diagramm die Darstellung des Hubs des Einspritzventilgliedes 11 als Funktion der Zeit t zeigt. Der Kurvenverlauf A ergibt sich, wenn das erste 2/2-Ventil 15 und das zweite 2/2-Ventil 16 gleichzeitig angesteuert werden. Der Kurvenverlauf B ergibt sich, wenn das zweite 2/2-Ventil 16 etwas später als das erste 2/2-Ventil 15 angesteuert wird. Schließlich ergibt sich 20 der Kurvenverlauf C, wenn das zweite 2/2-Ventil 16 deutlich später als das erste 2/2-Ventil 15 angesteuert wird.

25

Weiterhin lässt sich auf vorteilhafte Weise, durch eine Verschiebung des Steuerbeginns des ersten 2/2-Ventils 15 und des zweiten 2/2-Ventils 16, der Verlauf der Einspritzung 30 formen. Dies wird durch das in Figur 10 dargestellte Diagramm verdeutlicht, das den Einspritzverlauf als Funktion der Zeit t darstellt. Der im Wesentlichen rechteckförmige Verlauf der Kurve A10 ergibt sich bei gleichzeitiger Ansteuerung des ersten 2/2-Ventils 15 und des zweiten 2/2-Ventils 16. Wird das zweite 2/2-Ventil 16 zeitlich etwas später 35 angesteuert als das erste 2/2-Ventil 15, ergibt sich der durch die Kurve B10 repräsentierte rampenförmige Verlauf. Schließlich ergibt sich die im Wesentlichen bootförmige Gestalt der Kurve C10, wenn das zweite 2/2-Ventil 16 deutlich später als das erste 2/2-Ventil 15

angesteuert wird. Der unterschiedliche Verlauf der zuvor diskutierten Kurven lässt sich auf den Beginn der Wirkung des Druckverstärkers 86 zurückführen.

Im Folgenden wird ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung erläutert, das schematisch in Figur 8 dargestellt ist. Das dort dargestellte Einspritzsystem umfasst wiederum einen mit einer Hochdruckpumpe 84 verbundenen Kraftstofftank 83. Die Hochdruckpumpe 84 steht mit einem Druckspeicher 85 in Verbindung. Mit Bezugsziffer 1 ist wiederum ein Kraftstoffinjektor bezeichnet. Abweichend zu dem in Figur 7 dargestellten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist jetzt anstelle von zwei 2/2-Ventilen 15, 16, nur ein als 3/3-Ventil ausgestalteter Magnetsteller 89 vorgesehen, der eingangsseitig mit der ersten Ablaufdrossel 17, der zweiten Ablaufdrossel 18 und der Entlastungsleitung 86.4 des Federraums 86.3 des Druckverstärkers 86 verbunden ist. Dieses Ausführungsbeispiel der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass anstelle von zwei Magnetstellern nur ein einziger Magnetsteller 89 mit einer erweiterten Funktion 10 vorgesehen ist. Die grundsätzliche Funktion des Kraftstoffinjektors wird dadurch, bis auf eine geringe Einschränkung der Freiheitsgrade, nicht beeinträchtigt. Die zweite Ablaufdrossel 18 und der Druckverstärker 86 können nur dann aktiviert werden, wenn die erste Ablaufdrossel 17 und der Magnetsteller 89 früher oder zeitgleich geöffnet wurden. Dieses Ausführungsbeispiel bietet jedoch den Vorteil, dass nur ein einziger Magnetsteller 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 3005 3010 3015 3020 3025 3030 3035 3040 3045 3050 3055 3060 3065 3070 3075 3080 3085 3090 3095 3100 3105 3110 3115 3120 3125 3130 3135 3140 3145 3150 3155 3160 3165 3170 3175 3180 3185 3190 3195 3200 3205 3210 3215 3220 3225 3230 3235 3240 3245 3250 3255 3260 3265 3270 3275 3280 3285 3290 3295 3300 3305 3310 3315 3320 3325 3330 3335 3340 3345 3350 3355 3360 3365 3370 3375 3380 3385 3390 3395 3400 3405 3410 3415 3420 3425 3430 3435 3440 3445 3450 3455 3460 3465 3470 3475 3480 3485 3490 3495 3500 3505 3510 3515 3520 3525 3530 3535 3540 3545 3550 3555 3560 3565 3570 3575 3580 3585 3590 3595 3600 3605 3610 3615 3620 3625 3630 3635 3640 3645 3650 3655 3660 3665 3670 3675 3680 3685 3690 3695 3700 3705 3710 3715 3720 3725 3730 3735 3740 3745 3750 3755 3760 3765 3770 3775 3780 3785 3790 3795 3800 3805 3810 3815 3820 3825 3830 3835 3840 3845 3850 3855 3860 3865 3870 3875 3880 3885 3890 3895 3900 3905 3910 3915 3920 3925 3930 3935 3940 3945 3950 3955 3960 3965 3970 3975 3980 3985 3990 3995 4000 4005 4010 4015 4020 4025 4030 4035 4040 4045 4050 4055 4060 4065 4070 4075 4080 4085 4090 4095 4100 4105 4110 4115 4120 4125 4130 4135 4140 4145 4150 4155 4160 4165 4170 4175 4180 4185 4190 4195 4200 4205 4210 4215 4220 4225 4230 4235 4240 4245 4250 4255 4260 4265 4270 4275 4280 4285 4290 4295 4300 4305 4310 4315 4320 4325 4330 4335 4340 4345 4350 4355 4360 4365 4370 4375 4380 4385 4390 4395 4400 4405 4410 4415 4420 4425 4430 4435 4440 4445 4450 4455 4460 4465 4470 4475 4480 4485 4490 4495 4500 4505 4510 4515 4520 4525 4530 4535 4540 4545 4550 4555 4560 4565 4570 4575 4580 4585 4590 4595 4600 4605 4610 4615 4620 4625 4630 4635 4640 4645 4650 4655 4660 4665 4670 4675 4680 4685 4690 4695 4700 4705 4710 4715 4720 4725 4730 4735 4740 4745 4750 4755 4760 4765 4770 4775 4780 4785 4790 4795 4800 4805 4810 4815 4820 4825 4830 4835 4840 4845 4850 4855 4860 4865 4870 4875 4880 4885 4890 4895 4900 4905 4910 4915 4920 4925 4930 4935 4940 4945 4950 4955 4960 4965 4970 4975 4980 4985 4990 4995 5000 5005 5010 5015 5020 5025 5030 5035 5040 5045 5050 5055 5060 5065 5070 5075 5080 5085 5090 5095 5100 5105 5110 5115 5120 5125 5130 5135 5140 5145 5150 5155 5160 5165 5170 5175 5180 5185 5190 5195 5200 5205 5210 5215 5220 5225 5230 5235 5240 5245 5250 5255 5260 5265 5270 5275 5280 5285 5290 5295 5300 5305 5310 5315 5320 5325 5330 5335 5340 5345 5350 5355 5360 5365 5370 5375 5380 5385 5390 5395 5400 5405 5410 5415 5420 5425 5430 5435 5440 5445 5450 5455 5460 5465 5470 5475 5480 5485 5490 5495 5500 5505 5510 5515 5520 5525 5530 5535 5540 5545 5550 5555 5560 5565 5570 5575 5580 5585 5590 5595 5600 5605 5610 5615 5620 5625 5630 5635 5640 5645 5650 5655 5660 5665 5670 5675 5680 5685 5690 5695 5700 5705 5710 5715 5720 5725 5730 5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830 5835 5840 5845 5850 5855 5860 5865 5870 5875 5880 5885 5890 5895 5900 5905 5910 5915 5920 5925 5930 5935 5940 5945 5950 5955 5960 5965 5970 5975 5980 5985 5990 5995 6000 6005 6010 6015 6020 6025 6030 6035 6040 6045 6050 6055 6060 6065 6070 6075 6080 6085 6090 6095 6100 6105 6110 6115 6120 6125 6130 6135 6140 6145 6150 6155 6160 6165 6170 6175 6180 6185 6190 6195 6200 6205 6210 6215 6220 6225 6230 6235 6240 6245 6250 6255 6260 6265 6270 6275 6280 6285 6290 6295 6300 6305 6310 6315 6320 6325 6330 6335 6340 6345 6350 6355 6360 6365 6370 6375 6380 6385 6390 6395 6400 6405 6410 6415 6420 6425 6430 6435 6440 6445 6450 6455 6460 6465 6470 6475 6480 6485 6490 6495 6500 6505 6510 6515 6520 6525 6530 6535 6540 6545 6550 6555 6560 6565 6570 6575 6580 6585 6590 6595 6600 6605 6610 6615 6620 6625 6630 6635 6640 6645 6650 6655 6660 6665 6670 6675 6680 6685 6690 6695 6700 6705 6710 6715 6720 6725 6730 6735 6740 6745 6750 6755 6760 6765 6770 6775 6780 6785 6790 6795 6800 6805 6810 6815 6820 6825 6830 6835 6840 6845 6850 6855 6860 6865 6870 6875 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200 7205 7210 7215 7220 7225 7230 7235 7240 7245 7250 7255 7260 7265 7270 7275 7280 7285 7290 7295 7300 7305 7310 7315 7320 7325 7330 7335 7340 7345 7350 7355 7360 7365 7370 7375 7380 7385 7390 7395 7400 7405 7410 7415 7420 7425 7430 7435 7440 7445 7450 7455 7460 7465 7470 7475 7480 7485 7490 7495 7500 7505 7510 7515 7520 7525 7530 7535 7540 7545 7550 7555 7560 7565 7570 7575 7580 7585 7590 7595 7600 7605 7610 7615 7620 7625 7630 7635 7640 7645 7650 7655 7660 7665 7670 7675 7680 7685 7690 7695 7700 7705 7710 7715 7720 7725 7730 7735 7740 7745 7750 7755 7760 7765 7770 7775 7780 7785 7790 7795 7800 7805 7810 7815 7820 7825 7830 7835 7840 7845 7850 7855 7860 7865 7870 7875 7880 7885 7890 7895 7900 7905 7910 7915 7920 7925 7930 7935 7940 7945 7950 7955 7960 7965 7970 7975 7980 7985 7990 7995 8000 8005 8010 8015 8020 8025 8030 8035 8040 8045 8050 8055 8060 8065 8070 8075 8080 8085 8090 8095 8100 8105 8110 8115 8120 8125 8130 8135 8140 8145 8150 8155 8160 8165 8170 8175 8180 8185 8190 8195 8200 8205 8210 8215 8220 8225 8230 8235 8240 8245 8250 8255 8260 8265 8270 8275 8280 8285 8290 8295 8300 8305 8310 8315 8320 8325 8330 8335 8340 8345 8350 8355 8360 8365 8370 8375 8380 8385 8390 8395 8400 8405 8410 8415 8420 8425 8430 8435 8440 8445 8450 8455 8460 8465 8470 8475 8480 8485 8490 8495 8500 8505 8510 8515 8520 8525 8530 8535 8540 8545 8550 8555 8560 8565 8570 8575 8580 8585 8590 8595 8600 8605 8610 8615 8620 8625 8630 8635 8640 8645 8650 8655 8660 8665 8670 8675 8680 8685 8690 8695 8700 8705 8710 8715 8720 8725 8730 8735 8740 8745 8750 8755 8760 8765 8770 8775 8780 8785 8790 8795 8800 8805 8810 8815 8820 8825 8830 8835 8840 8845 8850 8855 8860 8865 8870 8875 8880 8885 8890 8895 8900 8905 8910 8915 8920 8925 8930 8935 8940 8945 8950 8955 8960 8965 8970 8975 8980 8985 8990 8995 9000 9005 9010 9015 9020 9025 9030 9035 9040 9045 9050 9055 9060 9065 9070 9075 9080 9085 9090 9095 9100 9105 9110 9115 9120 9125 9130 9135 9140 9145 9150 9155 9160 9165 9170 9175 9180 9185 9190 9195 9200 9205 9210 9215 9220 9225 9230 9235 9240 9245 9250 9255 9260 9265 9270 9275 9280 9285 9290 9295 9300 9305 9310 9315 9320 9325 9330 9335 9340 9345 9350 9355 9360 9365 9370 9375 9380 9385 9390 9395 9400 9405 9410 9415 9420 9425 9430 9435 9440 9445 9450 9455 9460 9465 9470 9475 9480 9485 9490 9495 9500 9505 9510 9515 9520 9525 9530 9535 9540 9545 9550 9555 9560 9565 9570 9575 9580 9585 9590 9595 9600 9605 9610 9615 9620 9625 9630 9635 9640 9645 9650 9655 9660 9665 9670 9675 9680 9685 9690 9695 9700 9705 9710 9715 9720 9725 9730 9735 9740 9745 9750 9755 9760 9765 9770 9775 9780 9785 9790 9795 9800 9805 9810 9815 9820 9825 9830 9835 9840 9845 9850 9855 9860 9865 9870 9875 9880 9885 9890 9895 9900 9905 9910 9915 9920 9925 9930 9935 9940 9945 9950 9955 9960 9965 9970 9975 9980 9985 9990 9995 9999 10000 10005 10010 10015 10020 10025 10030 10035 10040 10045 10050 10055 10060 10065 10070 10075 10080 10085 10090 10095 10099 10100 10101 10102 10103 10104 10105 10106 10107 10108 10109 10110 10111 10112 10113 10114 10115 10116 10117 10118 10119 10120 10121 10122 10123 10124 10125 10126 10127 10128 10129 10130 10131 10132 10133 10134 10135 10136 10137 10138 10139 10140 10141 10142 10143 10144 10145 10146 10147 10148 10149 10150 10151 10152 10153 10154 10155 10156 10157 10158 10159 10160 10161 10162 10163 10164 10165 10166 10167 10168 10169 10170 10171 10172 10173 10174 10175 10176 10177 10178 10179 10180 10181 10182 10183 10184 10185 10186 10187 10188 10189 10190 10191 10192 10193 10194 10195 10196 10197 10198 10199 10200 10201 10202 10203 10204 10205 10206 10207 10208 10209 10210 10211 10212 10213 10214 10215 10216 10217 10218 10219 10220 10221 10222 10223 10224 10225 10226 10227 10228 10229 10230 10231 10232 10233 10234 10235 10236 10237 10238 10239 10240 10241 10

In einer dritten Schaltstellung S2 des Magnetstellers 89 erfolgt eine Steuerung der Einspritzmenge gleichzeitig über die zwei Ablaufdrosseln 17 und 18, verbunden mit einer Druckerhöhung durch den Druckverstärker 86. Der dadurch bereitgestellte Einspritzdruck liegt wesentlich höher als das Druckniveau des Druckspeichers 85 und kann in der Praxis 5 den 1,5 bis 3-fachen Wert dieses Druckniveaus erreichen. Wie oben schon ausgeführt, ist die durch den Druckverstärker 89 erreichbare Druckverstärkung abhängig von dem Kolbenflächenverhältnis zwischen der Hochdruckseite und der Niederdruckseite des Druckverstärkers 86.

Bezugszeichenliste

- 1 Kraftstoffinjektor
- 2 Ventilkörper
- 5 3 Hochdruckanschluß für Düsenraum
- 4 Überwurfmutter
- 5 Haltekörper
- 6 Zentralbohrung
- 7 Druckstange
- 10 8 Düsenspannmutter
- 9 Düsenkörper
- 10 Schließfeder
- 11 Einspritzventilglied
- 12 Düsenraum
- 15 13 Leckagebohrung
- 14 Stabfilter
- 15 erster Magnetsteller
- 16 zweiter Magnetsteller
- 17 erste Ablaufdrossel
- 20 18 zweite Ablaufdrossel
- 19 Steuerraum
- 20 Stirnseite Druckstange 7
- 21 Magnetkern
- 22 Magnethülse
- 25 23 Magnetanker
- 24 Ankerbolzen
- 25 Druckfeder
- 26 Ankerplatte
- 27 Ablaufstutzen
- 30 28 Gehäusesteckeranschluß
- 29 Ventilspannschraube
- 30 Drosseleinsatz
- 31 Hochdruckanschlussstutzen für Steuerraum
- 32 Zulaufdrossel Steuerraum 19
- 35 33 Steckeranschluß
- 34 Druckmessanschluß
- 35 Einsatzstück
- 36 Zulaufbohrung für Düsenraum

- 40 erster Dichtring
- 41 zweiter Dichtring
- 42 Ankerplattenfeder
- 43 Schließelement erstes Stellglied
- 5 44 Magnetspannmutter
- 45 Magnetanker Hubweg
- 46 Ankerbolzenführung
- 47 Stirnseite Ankerbolzenführung
- 48 Sitzschließelement
- 10 49 Schließelement zweites Stellglied
- 50 doppelschaltendes Stellglied
- 50.1 Magnetspule
- 51 Stützring
- 52 erste Druckfeder
- 15 53 zweite Druckfeder
- 54 erster Ankerbolzen
- 55 zweiter Ankerbolzen
- 56 Hochdruckanschluss
- 57 Düsenraumbohrung
- 20 58 Druckstufe
- 59 Einspritzöffnung
- 60 erstes Ventil
- 61 zweites Ventil

- 25 70 erster Stromverlauf
- 71 erstes Stromniveau
- 72 erste Stromstärkenüberhöhung
- 73 zweiter Stromverlauf
- 74 zweites Stromniveau
- 30 75 zweite Stromüberhöhung
- 76 Bestromungsdauer
- 77 erster zeitlicher Verlauf der Magnetventilbewegung
- 78 Verlauf der gemeinsamen Magnetventilbewegung
- 79 dritter Bestromungsverlauf
- 35 80 zeitlicher Verlauf der Bewegung des Magnetventils
- 82 versetzte verzögerte Ansteuerung

- 83 Kraftstofftank
- 84 Hochdruckpumpe
- 85 Druckspeicher
- 86 Druckverstärker

5 86.1 Kolben

 86.2 Feder

 86.3 Federraum

 86.4 Entlastungsleitung

 87 Rückschlagventil

10 88 Zulaufdrossel

 S0 erste Schaltstellung

 S1 zweite Schaltstellung

 S2 dritte Schaltstellung

Patentansprüche

5 1. Kraftstoffinjektor an Einspritzanlagen für Verbrennungskraftmaschinen mit einem Ventilkörper (2), in welchem ein druckentlastbarer Steuerraum (19) ausgebildet ist, der über eine Zulaufdrossel (32) mit Kraftstoff beaufschlagbar ist und über eine erste Ablaufdrossel (17) druckentlastbar ist, deren Schließelement (43) über ein Stellglied (15) betätigbar ist und der Ventilkörper (2) mit einem Haltekörper (5) verbunden ist,
10 an welchem ein ein Einspritzventilglied (11) umgebender Düsenkörper (9) befestigt ist, dadurch gekennzeichnet, dass zur Druckentlastung des Steuerraums (19) eine weitere, zweite Ablaufdrossel (18) vorgesehen ist, deren Schließelement (49) mittels eines weiteren Stellgliedes (16) oder abhängig von der Bestromung (70, 73, 79) eines doppelschaltenden Stellgliedes (50) betätigbar ist.

15 2. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Ablaufdrossel (17) und die weitere, zweite Ablaufdrossel (18) im Ventilkörper (29) einander gegenüberliegend angeordnet sind.

20 3. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und die zweite Ablaufdrossel (17, 18) in einander gegenüberliegenden Einsätzen (30) im Ventilkörper (2) ausgebildet sind.

25 4. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die die erste und zweite Ablaufdrossel (17, 18) aufnehmenden Einsätze (30) auswechselbar sind und über Ventilspansschrauben (29) im Ventilkörper (2) befestigt sind.

30 5. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zulaufdrossel (32) in einem auswechselbaren Einsatzstück (35) ausgebildet ist, welches im Ventilkörper (2) über einen Hochdruckstutzen (31) fixiert ist.

35 6. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zulaufdrossel (32) des Steuerraumes (19) um 90° versetzt zur ersten und zweiten Ablaufdrossel (17, 18) orientiert ist.

7. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Zulaufdrossel (32) des Steuerraumes (19) im Ventilkörper (2) ein eine Drosselstelle aufweisender Druckmessanschluss (34) gegenüberliegt.

8. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die den Ablaufdrosseln (17, 18) jeweils zugeordneten Schließelemente (43, 49) kugelförmig ausgebildet sind.
- 5 9. Kraftstoffinjektor gemäß der Ansprüche 1 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die den Ablaufdrosseln (17, 18) jeweils zugeordneten Schließelemente (43, 49) als Kegelkörper ausgebildet sind, die mit einem in den Einsätzen (30) ausgebildeten Sitz (48) zusammenwirken.
- 10 10. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erste und das zweite Stellglied (15, 16) sowie das doppelschaltende Stellglied (50) als Magnetventile ausgeführt sind.
- 15 11. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erste und das zweite Stellglied (15, 16) sowie das doppelschaltende Stellglied (50) als Piezosteller ausgeführt sind.
12. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Haltekörper (5) auswechselbar mit dem Ventilkörper (2) verbunden ist.
- 20 13. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Haltekörper (5) mittels einer Überwurfmutter (4) am Ventilkörper (2) befestigt ist.
14. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass am Ventilkörper (2) ein zentraler Hochdruckanschluss (3) angeordnet ist, über den ein das Einspritzventilglied (11) umgebender Düsenraum (12) im Düsenkörper (9) mit Kraftstoff beaufschlagt ist, wobei der Kraftstoff dem Düsenraum (12) über eine im Ventilkörper (2) bzw. im Haltekörper (5) ausgebildete Zulaufbohrung (36, 57) zuströmt, die parallel zur Zentralbohrung 6 im Haltekörper (5) verläuft.
- 30 15. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das doppelschaltende Stellglied (50) als Magnetventil ausgeführt ist, dessen Magnetspule (50.1) ein erstes und ein zweites Ventil (60, 61), die der ersten und der zweiten Ablaufdrossel (17, 18) zugeordnet sind, abhängig von der Bestromung der Magnetspule (50.1) geringfügig zeitverzögert oder nacheinander ansteuert.
- 35 16. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestromung der Magnetspule (50.1) mit einem ersten Bestromungsverlauf (70) für das erste Ventil (60) und einem zweiten Bestromungsverlauf (73) für das zweite Ventil (61) erfolgt

und die Bestromungsverläufe (70, 73, 79) jeweils eine Stromüberhöhung (72, 75) aufweisen.

17. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass während der
5 Ventilbewegung (77) ausschließlich das erste Ventil (60) öffnet, welches mit einem ersten Bestromungsverlauf (70) bestromt wird.

18. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass während einer zweiten Ventilbewegung (78) das erste Ventil (60) und das zweite Ventil (61) mit einem zweiten Bestromungsverlauf (73) angesteuert werden und geringfügig zeitlich verzögert öffnen.
10

19. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Ventil (60) mit einem ersten Bestromungsverlauf (70) während einer ersten Ansteuerdauer (77) angesteuert wird und während einer gemeinsamen Ansteuerdauer (80) von erstem und zweitem Ventil (61, 61) das zweite Ventil (61) mit dem dritten Bestromungsverlauf (79) bestrombar ist.
15

20. Kraftstoffinjektor nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass er einen Druckverstärker (86) mit einem von einer Feder (86.2) belasteten Kolben (86.1) umfasst, und dass die Niederdruckseite des Druckverstärkers (86) mit einem Druckspeicher (85) und die Hochdruckseite des Druckverstärkers (86) mit dem Düsenraum (12) des Kraftstoffinjektors (1) verbunden ist.
20

25 21. Kraftstoffinjektor nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Kolbenflächenverhältnis zwischen der Hochdruckseite und der Niederdruckseite des Druckverstärkers (86) in einem Bereich von 1:1,5 bis 1:3 liegt.

30 22. Kraftstoffinjektor nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Federraum (86.3) des Druckverstärkers (86) über eine Entlastungsleitung (86.4) mit dem dem Steuerraum (19) des Kraftstoffinjektors (1) abgewandten Anschluss der zweiten Ablaufdrossel (18) verbunden ist.

35 23. Kraftstoffinjektor nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckverstärker (86) ein Rückschlagventil (87) umfasst, das die Hochdruckseite des Druckverstärkers (86) gegen die Niederdruckseite des Druckverstärkers (86) abschließt.

24. Verfahren zur Steuerung eines Kraftstoffinjektors nach einem der Ansprüche 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass durch Bestromung des ersten Magnetstellers (15) oder eines Piezostellers die erste Ablaufdrossel (17) geöffnet, dadurch der Steuerraum (19) des Kraftstoffinjektors (1) entlastet und durch das dadurch bewirkte Öffnen der Düsenneedle der Einspritzvorgang eingeleitet wird.

5

25. Verfahren zur Steuerung eines Kraftstoffinjektors nach einem der Ansprüche 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass durch Bestromung des zweiten Magnetstellers (16) oder eines Piezostellers die zweite Ablaufdrossel (18) und zusätzlich die Entlastungsleitung (86.4) des Federraums (86.3) des Druckverstärkers (86) geöffnet werden, wobei durch die dadurch erfolgende Entlastung des Steuerraums (19) des Kraftstoffinjektors (1) die Düsenneedle geöffnet und infolge der einsetzenden Bewegung des Kolbens (86.1) des Druckverstärkers (86) der Düsenraum (12) des Kraftstoffinjektors (1) mit einem das Druckniveau des Druckspeichers (85) übersteigenden Druck beaufschlagt wird.

10

26. Verfahren zur Steuerung eines Kraftstoffinjektors nach einem der Ansprüche 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass durch Bestromung beider Magnetsteller (15,16) oder eines Piezostellers beide Ablaufdrosseln (17, 18) geöffnet werden, wobei durch die dadurch erfolgende Entlastung des Steuerraums (19) des Kraftstoffinjektors (1) die Düsenneedle geöffnet und infolge der einsetzenden Bewegung des Kolbens (86.1) des Druckverstärkers (86) der Düsenraum (12) des Kraftstoffinjektors (1) mit einem das Druckniveau des Druckspeichers (85) übersteigenden Druck beaufschlagt wird.

15

1 / 9

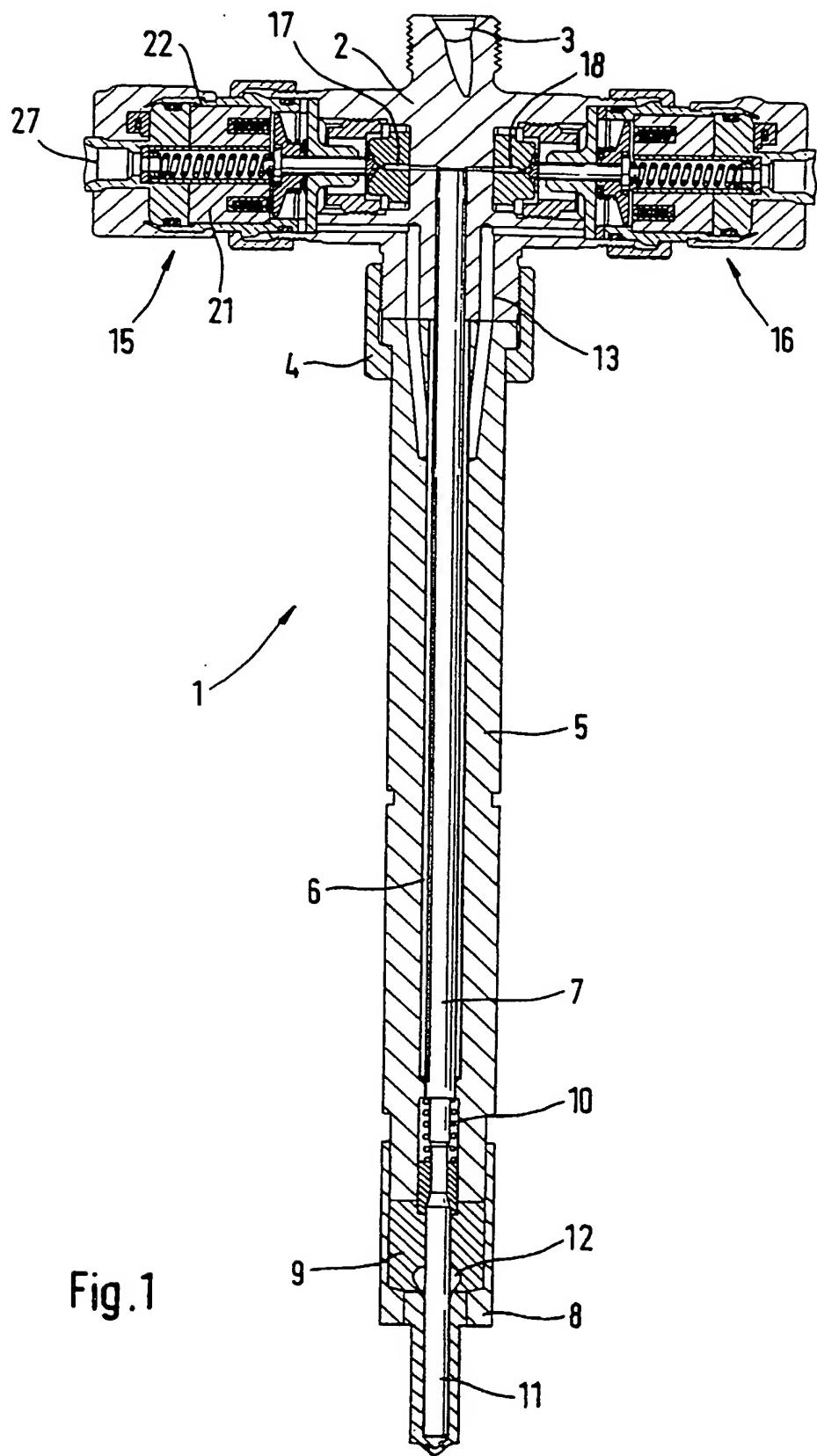


Fig. 1

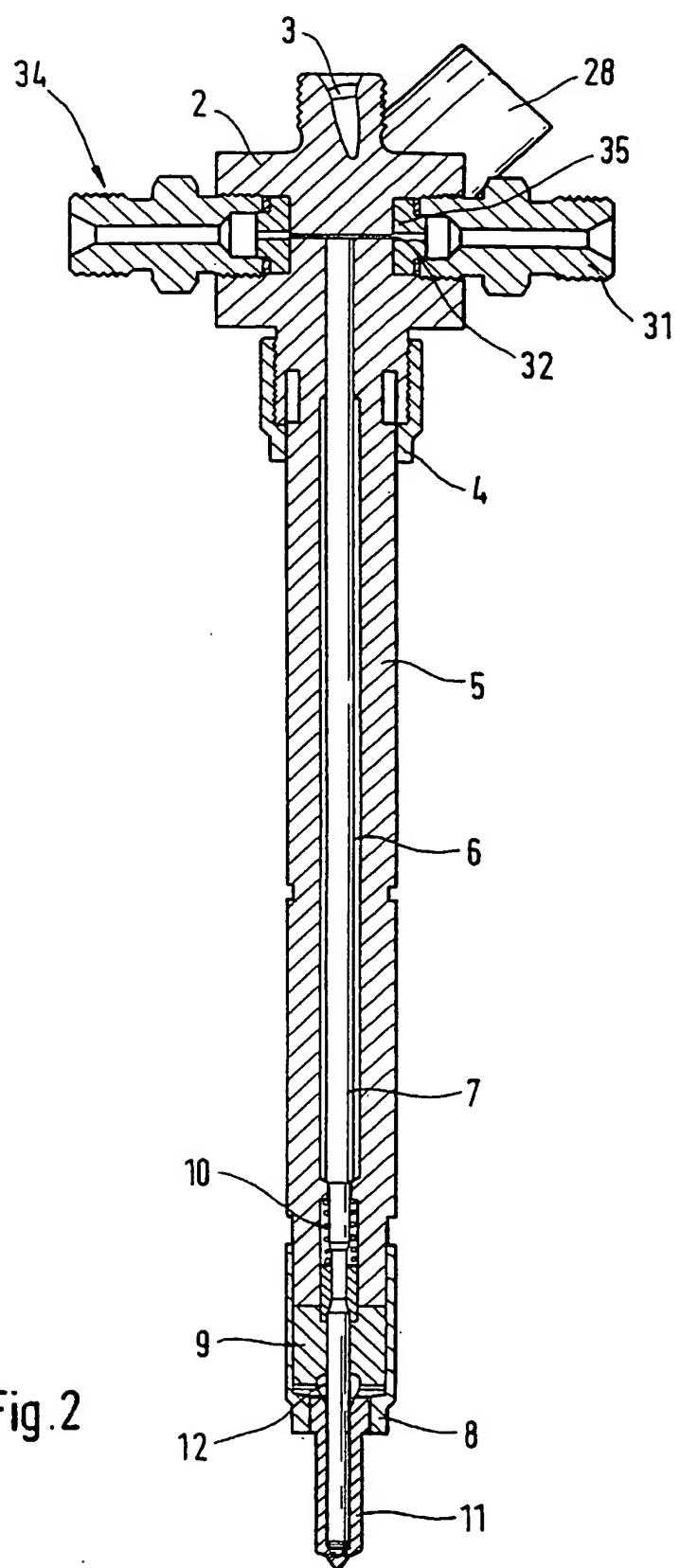


Fig. 2

3 / 9

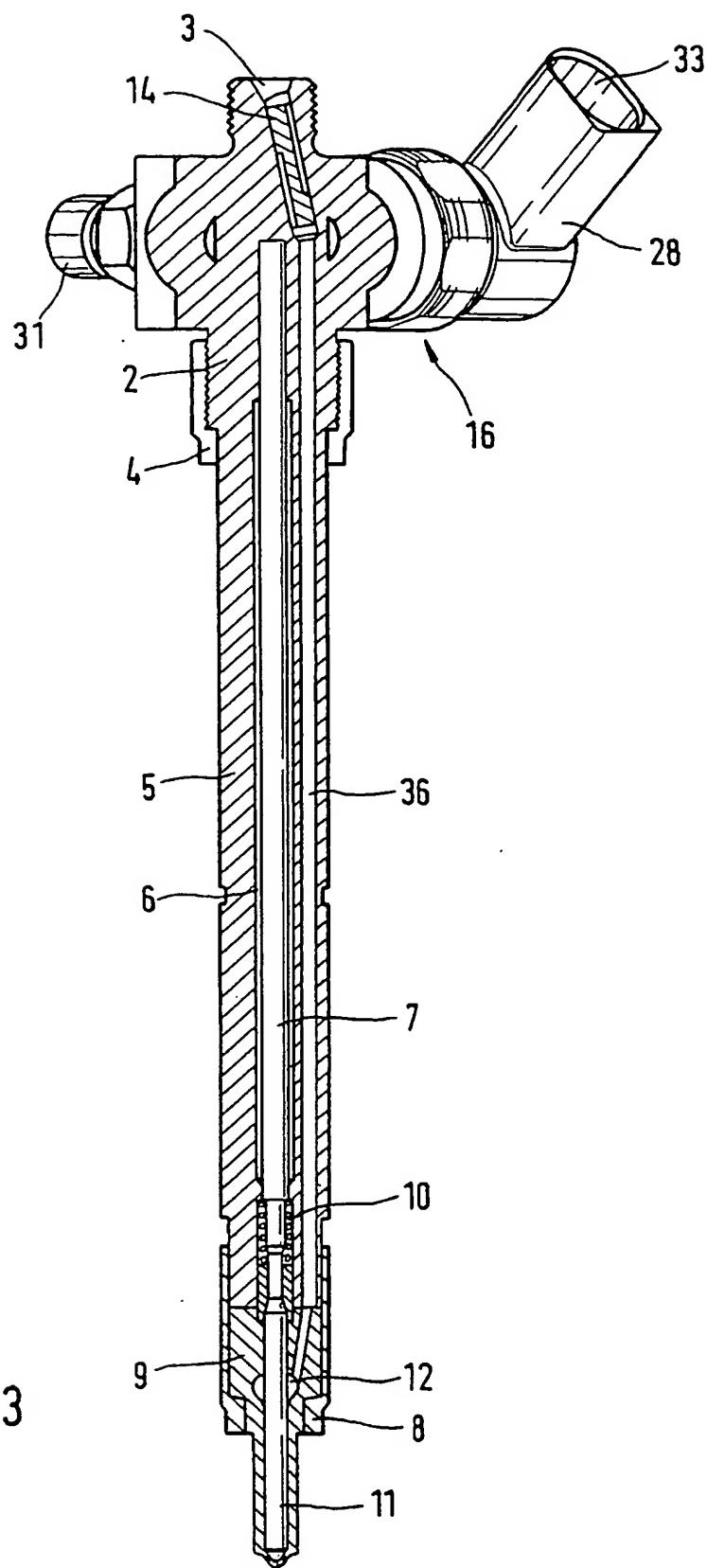


Fig. 3

4 / 9

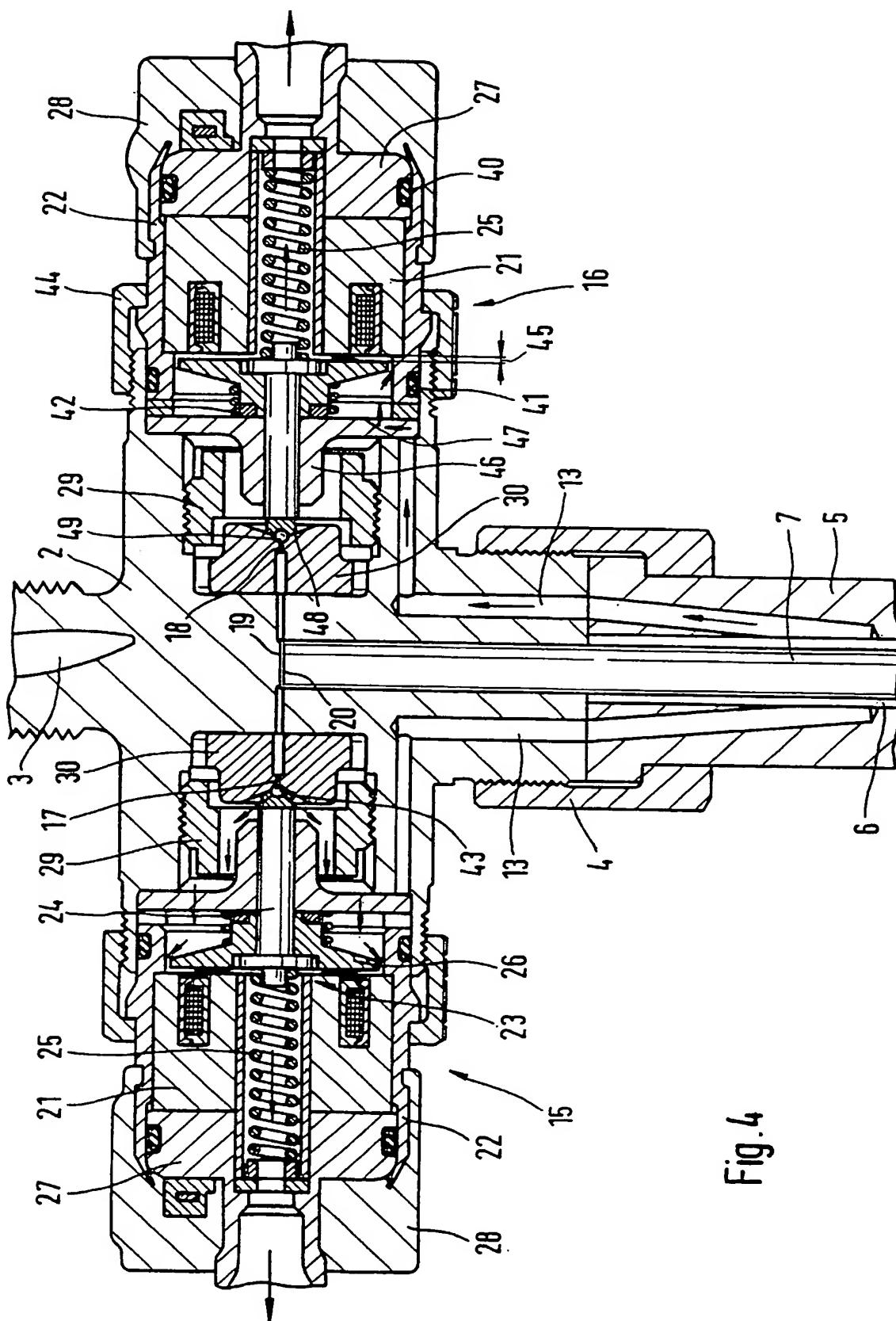
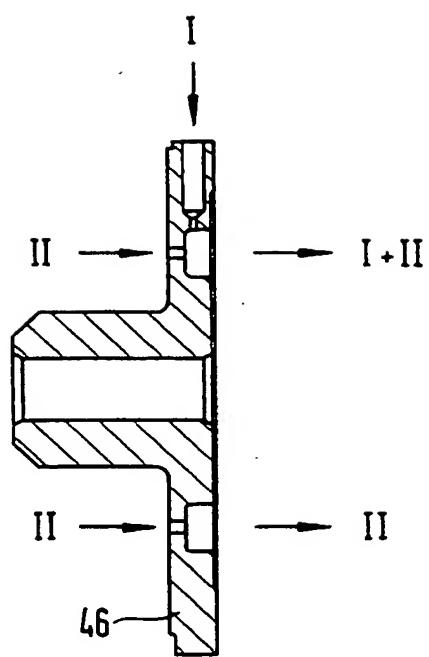


Fig. 4

5 / 9

Fig.4a



6 / 9

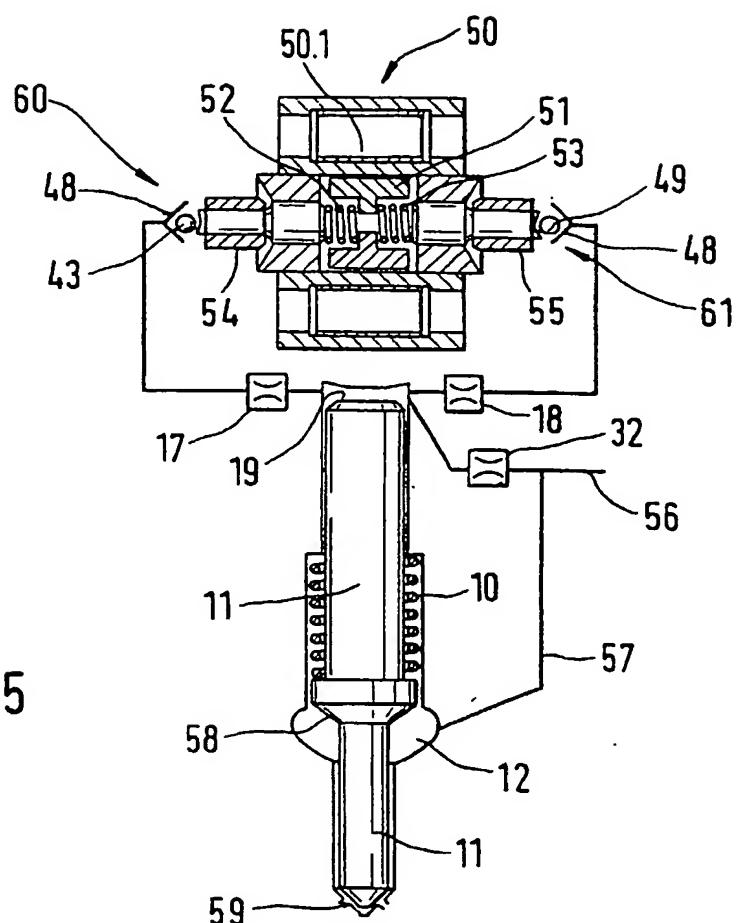
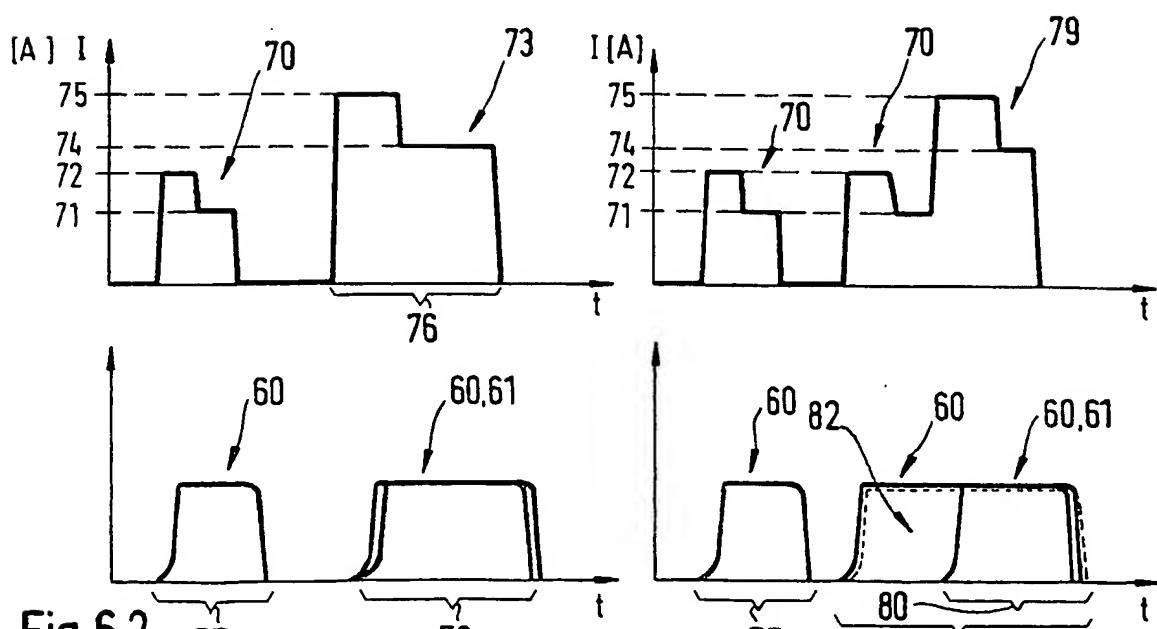


Fig.5

Fig.6.3



7/9

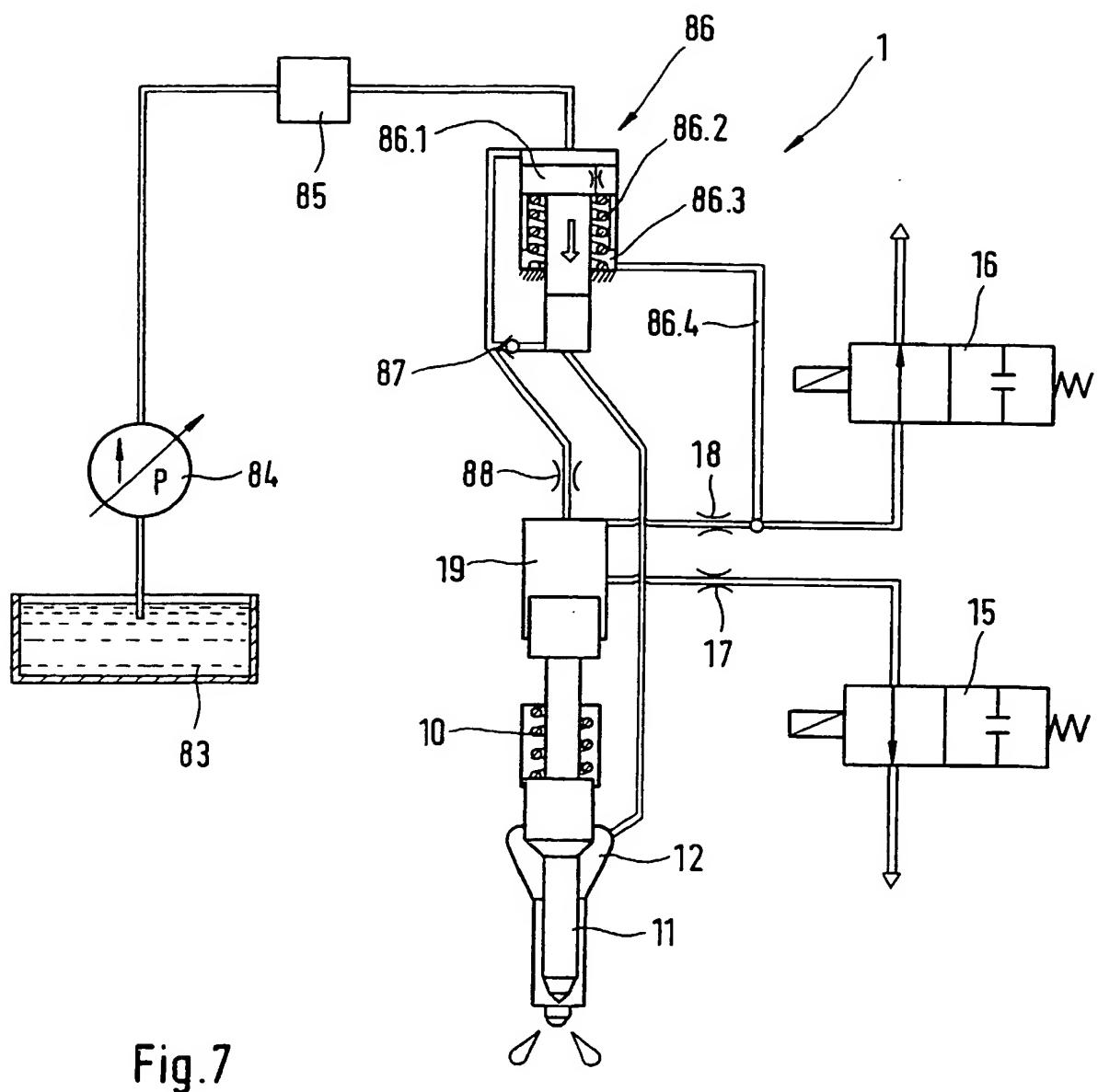


Fig.7

8 / 9

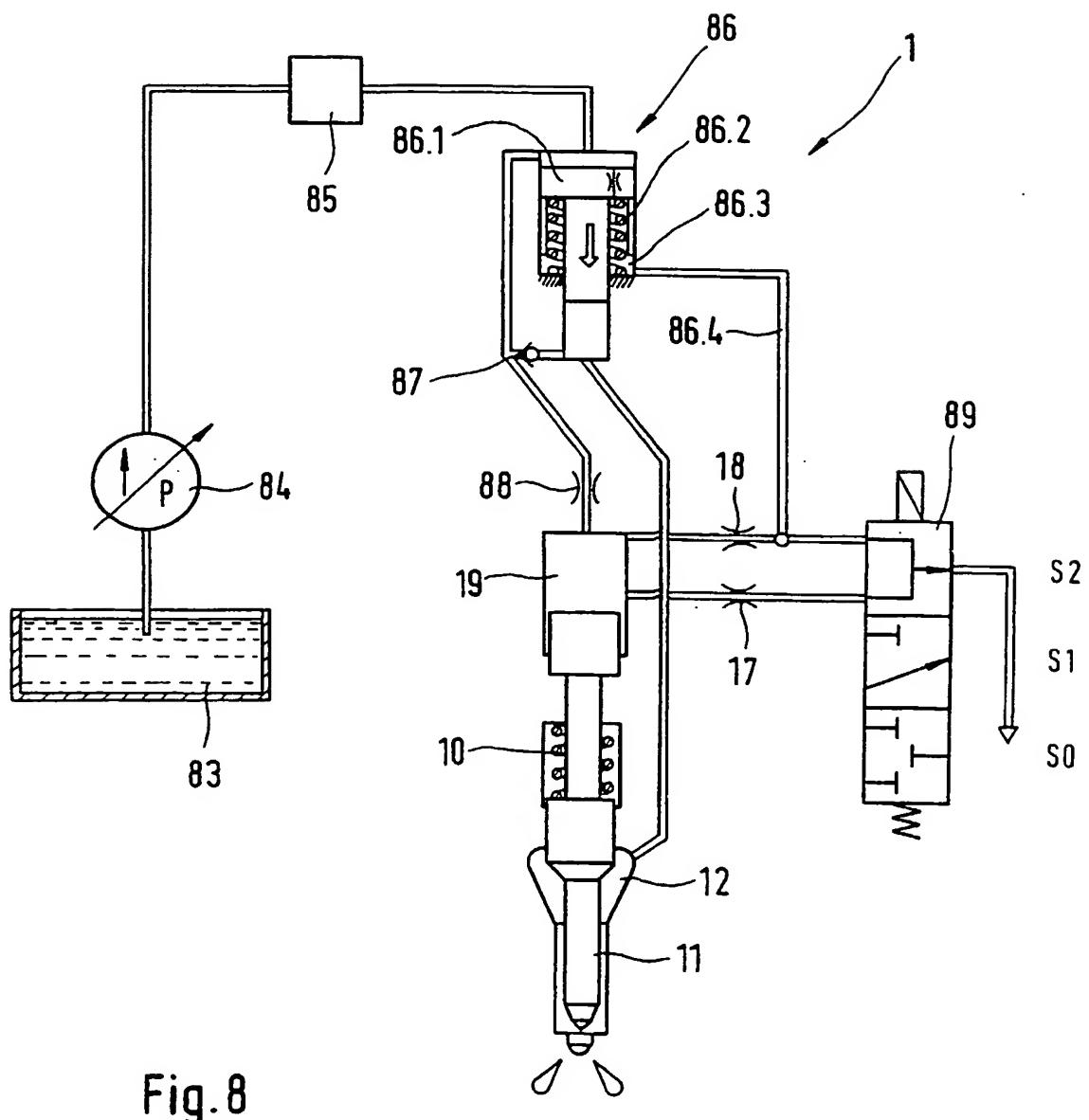


Fig. 8

9 / 9

Fig.9

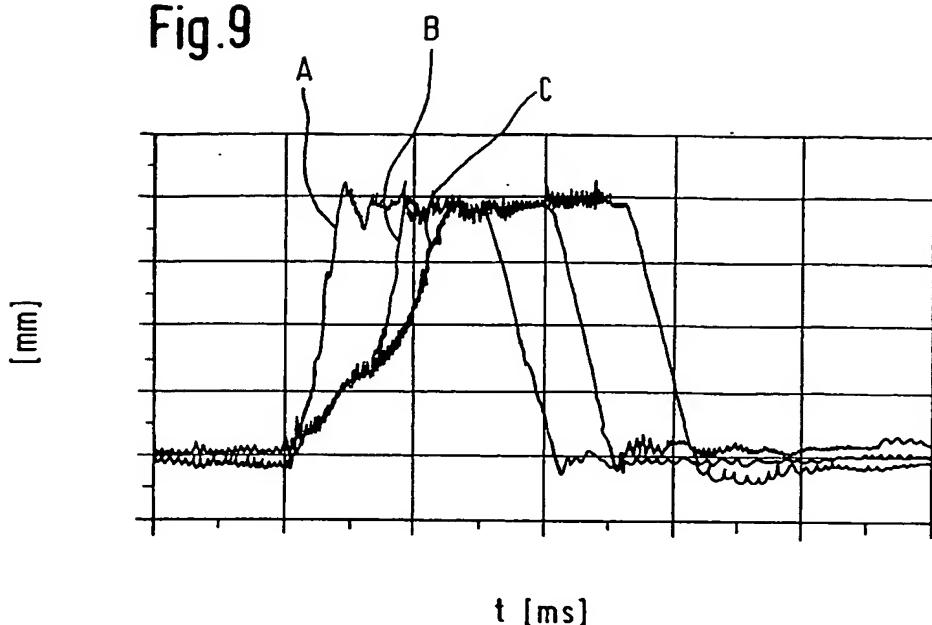
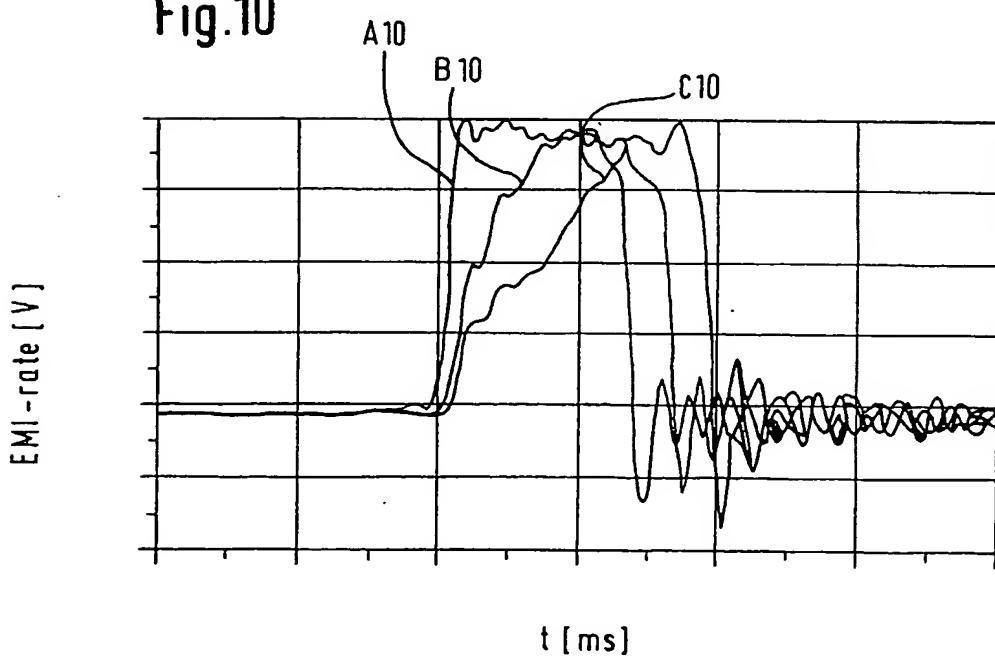


Fig.10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/02317

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02M47/02 F02M59/46 F02M45/08 F02M61/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 164 283 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 19 December 2001 (2001-12-19)	1-3, 9, 11-14
A	paragraph '0038! - paragraph '0039!; figures 2, 3 ---	20, 24-26
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 23, 10 February 2001 (2001-02-10) & JP 2001 153001 A (TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC), 5 June 2001 (2001-06-05) abstract ---	1, 2, 8-11, 24
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 08, 30 June 1999 (1999-06-30) & JP 11 082221 A (DENSO CORP), 26 March 1999 (1999-03-26) abstract -----	1

Further documents are listed in the continuation of box C: Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 October 2003

Date of mailing of the international search report

29/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Schmitter, T

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/02317

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1164283	A 19-12-2001	JP 2001355533 A EP 1164283 A2	26-12-2001 19-12-2001
JP 2001153001	A 05-06-2001	NONE	
JP 11082221 1	A	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/02317

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 F02M47/02 F02M59/46 F02M45/08 F02M61/10

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 F02M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 164 283 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 19. Dezember 2001 (2001-12-19)	1-3, 9, 11-14
A	Absatz '0038! - Absatz '0039!; Abbildungen 2, 3 ----	20, 24-26
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 23, 10. Februar 2001 (2001-02-10) & JP 2001 153001 A (TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC), 5. Juni 2001 (2001-06-05) Zusammenfassung ----	1, 2, 8-11, 24
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 08, 30. Juni 1999 (1999-06-30) & JP 11 082221 A (DENSO CORP), 26. März 1999 (1999-03-26) Zusammenfassung -----	1

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist
- *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

22. Oktober 2003

29/10/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Schmitter, T

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/02317

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1164283	A 19-12-2001	JP 2001355533 A EP 1164283 A2	26-12-2001 19-12-2001
JP 2001153001	A 05-06-2001	KEINE	
JP 11082221 1	A	KEINE	